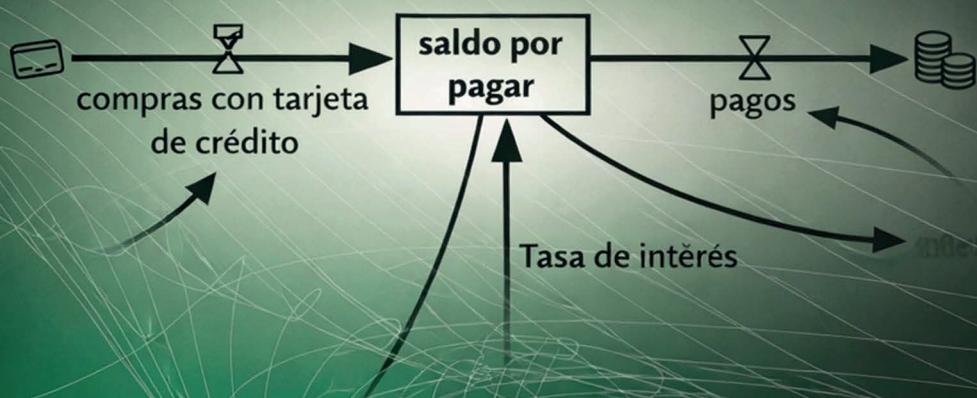


SISTEMAS DINÁMICOS PARA INGENIEROS

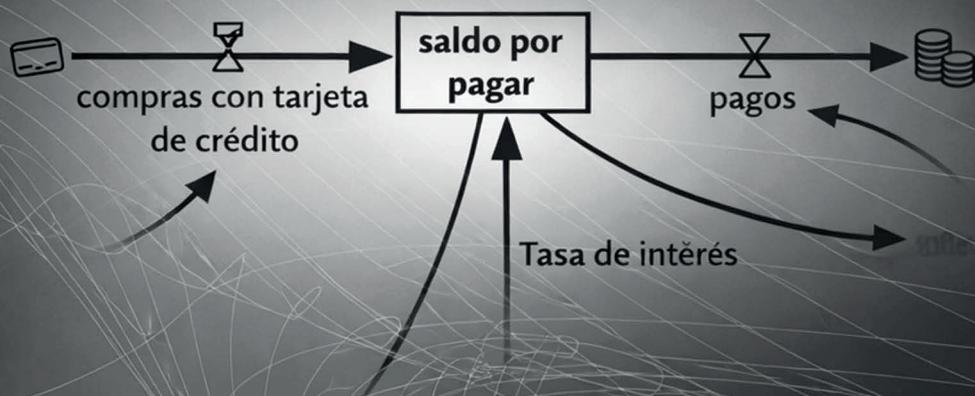
SIMULACIÓN DE MODELOS CON VENSIM



GUILLERMO AUGUSTO BOCANGEL WEYDERT
JHONNY HENRY PIÑÁN GARCÍA
GUILLERMO AUGUSTO BOCANGEL MARÍN
NÉRIDA DEL CARMEN PASTRANA DÍAZ
GUADALUPE RAMÍREZ REYES
HERNAN WILMER GARCIA BONILLA
BISETH MIRVAL ROJAS
GELACIO POZO PINO
JOHNNY BRYNNER VILCHEZ MIRANDA

SISTEMAS DINÁMICOS PARA INGENIEROS

SIMULACIÓN DE MODELOS CON VENSIM



GUILLERMO AUGUSTO BOCANGEL WEYDERT
JHONNY HENRY PIÑÁN GARCÍA
GUILLERMO AUGUSTO BOCANGEL MARÍN
NÉRIDA DEL CARMEN PASTRANA DÍAZ
GUADALUPE RAMÍREZ REYES
HERNAN WILMER GARCIA BONILLA
BISETH MIRAVAL ROJAS
GELACIO POZO PINO
JOHNNY BRYNNER VILCHEZ MIRANDA

2025 por Atena Editora

Copyright© 2025 Atena Editora

Copyright del texto © 2025, el autor Copyright
de la edición© 2025, Atena Editora

Los derechos de esta edición han sido cedidos a Atena Editora por el autor.

Publicación de acceso abierto por Atena Editora

Editora jefe

Prof. Dr. Antonella Carvalho de Oliveira

Editora ejecutiva

Natalia Oliveira Scheffer

Imágenes de la portada

iStock

Edición artística

Yago Raphael Massuqueto Rocha



Todo el contenido de este libro está licenciado bajo la licencia
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Atena Editorial mantiene un firme compromiso con la transparencia y la calidad en todo el proceso de publicación. Trabajamos para garantizar que todo se realice de manera ética, evitando problemas como plagio, manipulación de información o cualquier interferencia externa que pueda comprometer la obra.

Si surge alguna sospecha de irregularidad, será analizada con atención y tratada con responsabilidad.

El contenido del libro, textos, datos e informaciones, es de total responsabilidad del autor y no representa necesariamente la opinión de Atena Editorial. La obra puede descargarse, compartirse, adaptarse o reutilizarse libremente, siempre que se mencionen el autor y la editorial, de acuerdo con la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Cada trabajo recibió la atención de especialistas antes de su publicación.

El equipo editorial de Atena evaluó las producciones nacionales, y revisores externos analizaron los materiales de autores internacionales.

Todos los textos fueron aprobados con base en criterios de imparcialidad y responsabilidad.

SISTEMAS DINÁMICOS PARA INGENIEROS SIMULACIÓN DE MODELOS CON VENSIM

| Autores:

Guillermo Augusto Bocangel Weydert
Jhonny Henry Piñán García
Guillermo Augusto Bocangel Marín
Nérida Del Carmen Pastrana Díaz
Guadalupe Ramirez Reyes

Hernán Wilmer García Bonilla
Biseth Miraval Rojas
Gelacio Pozo Pino
Johnny Brynner Vilchez Miranda

| Revisión:

Los autores

| Diseño:

Thamires Gayde

| Portada:

Yago Raphael Massuqueto Rocha

Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)

M593 Sistemas dinámicos para ingenieros - Simulación de modelos con Vensim/ Guillermo Augusto Bocangel Weydert, Jhonny Henry Piñán García, Guillermo Augusto Bocangel Marín, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2026.

Otros autores

Nérida Del Carmen Pastrana Díaz
Guadalupe Ramirez Reyes
Hernán Wilmer García Bonilla
Biseth Miraval Rojas
Gelacio Pozo Pino
Johnny Brynner Vilchez Miranda

Formato: PDF

Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acceso: World Wide Web

Incluye bibliografía

ISBN 978-65-258-3959-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.592261401>

1. Sistemas dinámicos. 2. Simulación de sistemas. I.

Weydert, Guillermo Augusto Bocangel. II. García, Jhonny Henry Piñán. III. Marín, Guillermo Augusto Bocangel. IV. Título.

CDD 670.427

Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

📞 +55 (42) 3323-5493

📞 +55 (42) 99955-2866

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

CONSEJO EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL

- Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
- Prof. Dra. Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidad Federal de Lavras
- Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontificia Universidad Católica de Goiás
- Prof. Dra. Ariadna Faria Vieira – Universidad Estatal de Piauí
- Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidad Federal del Sur y Sudeste de Pará
- Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidad Federal de Goiás
- Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidad Federal de Ouro Preto
- Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidad Federal Fluminense
- Prof. Dra. Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidad Federal de Piauí
- Prof. Dra. Dayane de Melo Barros – Universidad Federal de Pernambuco
- Prof. Dr. Elio Rufato Junior – Universidad Tecnológica Federal de Paraná
- Prof. Dra. Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal de Río de Janeiro
- Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal de Pará
- Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidad Federal de Rondônia
- Prof. Dra. Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidad Estatal de Maringá
- Prof. Dr. Humberto Costa – Universidad Federal de Paraná
- Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidad de Pernambuco
- Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidad Federal de Santa Catarina
- Prof. Dra. Juliana Abonizio – Universidad Federal de Mato Grosso
- Prof. Dr. Julio Cândido de Meirelles Junior – Universidad Federal Fluminense
- Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraná
- Prof. Dra. Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educación, Ciencia y Tecnología de Pará
- Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología
- Prof. Dra. Talita de Santos Matos – Universidad Federal Rural de Río de Janeiro
- Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidad Federal Rural del Semiárido
- Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidad Federal de Alfenas

TABLA DE FIGURAS

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Dinámica de Sistemas.....	2
Figura 2: Retroalimentación positiva	4
Figura 3: Retroalimentación negativa	4
Figura 4: Simulación	7
Figura 5: Diagrama de flujo.....	9
Figura 6: Diagrama causal	10
Figura 7: Diagrama de stock y flujo.....	11
Figura 8: Software Vensim	13
Figura 9: Interfaz Vensim	14
Figura 10: Diagrama Forrester	15
Figura 11: Ingreso de datos	15
Figura 12: Gráfica inventario simulación1	16
Figura 13: Gráfica inventario simulación2	16
Figura 14: Gráfica inventario simulación3.....	17
Figura 15: Gráfica inventario simulaciones	18
Figura 16: Tabla de tiempos de las 3simulaciones	18
Figura 17: Modelo llenado de tanque.....	19
Figura 18: Comportamiento del sistema ejercicio02	20
Figura 19: Gráfica resultante ejercicio02	20
Figura 20: Diagrama causal ejercicio02.....	21
Figura 21: Diagrama Forrester ejercicio02	22
Figura 22: Gráfica 2 variables ejercicio02	22
Figura 23: Tabla resultante ejercicio02	23
Figura 24: Configuración del modelo ejercicio03.....	24
Figura 25: Diagrama Forrester ejercicio03.....	25
Figura 26: Gráficas ejercicio03.....	26

TABLA DE FIGURAS

TABLA DE FIGURAS

Figura 27: Gráfica calidad de vida ejercicio03.....	27
Figura 28: Bucle1 ejercicio04	27
Figura 29: Bucle2 ejercicio04	28
Figura 30: Bucle3 ejercicio04.....	28
Figura 31: Bucle4 ejercicio04	28
Figura 32: Bucle1 solución ejercicio04.....	29
Figura 33: Bucle2 solución ejercicio04.....	29
Figura 34: Bucle3 solución ejercicio04.....	30
Figura 35: Bucle4 solución ejercicio04.....	30
Figura 36: Diagrama Forrester ejercicio05.....	31
Figura 37: Configuración del modelo ejercicio05.....	32
Figura 38: Árbol de causas ejercicio05	32
Figura 39: variable1 ejercicio05.....	33
Figura 40: variable2 ejercicio05.....	33
Figura 41: Tabla resultante ejercicio05	34
Figura 42: ¿Cuál es el tiempo de duplicación de clientes para las empresas?	34
Figura 43: ¿Aproximadamente cuánto tiempo le tomará a la base de clientes de Nanosoft crecer hasta 50 000 clientes? ejercicio05.....	35
Figura 44: Diagrama causal ejercicio06.....	36
Figura 45: Datos iniciales ejercicio06.....	36
Figura 46: Fórmulas ejercicio06	36
Figura 47: Configuración del modelo ejercicio06	37
Figura 48: Diagrama Forrester ejercicio06	38
Figura 49: Resultado simulacion1 ejercicio06.....	38
Figura 50: Diagrama Forrester ejercicio07	39
Figura 51: Fórmulas ejercicio07	40

TABLA DE FIGURAS

TABLA DE FIGURAS

Figura 52: Árbol de causas ejercicio07.....	41
Figura 53: Gráfica población contagiada ejercicio07	41
Figura 54: ¿Cuántas horas se necesitan para curar toda una población? ejercicio07.....	42
Figura 55: Modelo ejercicio08.....	42
Figura 56: Especificaciones ejercicio08.....	42
Figura 57: Diagrama Forrester ejercicio08	44
Figura 58: Configuración del modelo ejercicio08	44
Figura 59: Gráfica variables modelo ejercicio08.....	45
Figura 60: Librería propia en Simulink ejercicio09	46
Figura 61: Parámetros de propia librería en Simulink ejercicio09.....	47
Figura 62: Codificación ejercicio09.....	47
Figura 63: Dial ejercicio09.....	48
Figura 64: Nueva librería ejercicio09.....	48
FIGURA 65 El sistema en ejecución.....	52
FIGURA 66 Comparación de múltiples escenarios.....	53
FIGURA 67 Dashboard.....	57

SUMÁRIO

SUMÁRIO

INTRODUCCIÓN	1
CONCEPTOS GENERALES	2
DINÁMICA DE SISTEMAS	2
Variables	3
Relaciones causales.....	3
Realimentación	3
Retroalimentación positiva y negativa.....	3
Flujos	5
Acumuladores.....	5
TEORÍA DE SISTEMAS.....	5
Estructura de sistemas.....	6
Límites de un sistema.....	6
Componentes de un sistema.....	6
MODELADO Y SIMULACIÓN.....	7
Simulación	7
Modelo de simulación.....	8
Tipos de Modelos de Simulación.....	8
Gráficos de flujo.....	9
Diagramas de causalidad	10
Diagramas de stock y flujo	10
Softwares para la construcción y simulación de modelos.....	11
VENSIM	13
EJERCICIO 01.....	14
EJERCICIO 02.....	19
EJERCICIO 03.....	23

SUMÁRIO

SUMÁRIO

EJERCICIO 04.....	27
EJERCICIO 05.....	31
EJERCICIO 06.....	35
EJERCICIO 07.....	39
EJERCICIO 08.....	42
EJERCICIO 09.....	45
SIMULADOR DINÁMICO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO VS CORRECTIVO EN MATLAB	49
SISTEMA INTERACTIVO DE AUTOEVALUACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA CADENA DE VALOR EN MATLAB.....	54
CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	60
AUTORES.....	67



INTRODUCCIÓN

La dinámica de sistemas es un enfoque de modelado y análisis que se utiliza para comprender el comportamiento y las interacciones complejas de los sistemas a lo largo del tiempo. Se basa en la premisa de que los sistemas son entidades dinámicas compuestas por componentes interrelacionados que influyen mutuamente.

La simulación es una herramienta clave en la dinámica de sistemas. Una vez que se ha construido un modelo, se pueden realizar experimentos virtuales para explorar diferentes escenarios y comprender cómo el sistema responde a diferentes condiciones y políticas. Esto permite a los investigadores y profesionales analizar el comportamiento dinámico, identificar puntos de intervención clave y evaluar el impacto de políticas o decisiones antes de implementarlas en el mundo real.

En el presente trabajo se presentará la resolución de los ejercicios propuestos en los laboratorios de la sesión 11, 12, 13 del curso de sistemas dinámicos, se revisarán conceptos básicos acerca de la dinámica de sistemas, su importancia y los tipos de modelados existentes para poder sustentar la resolución de los ejercicios propuestos en los laboratorios, así mismo llevaremos a cabo la construcción, simulación y análisis de varios modelos dinámicos fundamentales utilizando el software Vensim. Estos modelos nos brindarán una mejor comprensión de los objetos de estudio en este trabajo.

CONCEPTOS GENERALES

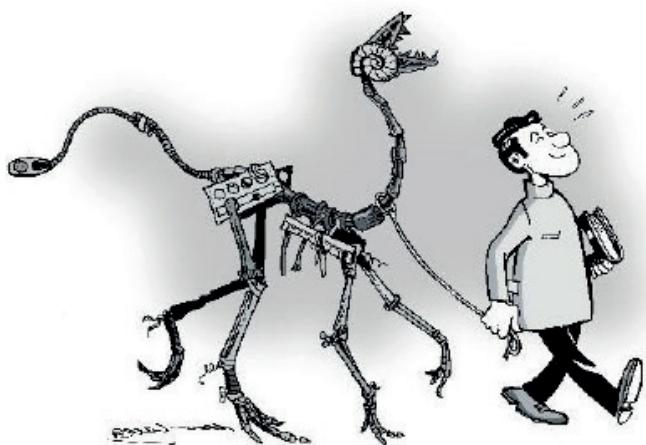
DINÁMICA DE SISTEMAS

La Dinámica de Sistemas es una metodología y enfoque de modelado utilizado para comprender y analizar sistemas complejos, basado en el estudio de las interacciones y retroalimentaciones entre las variables que conforman el sistema (Sterman, 2000).

Según Sterman (2000), “la Dinámica de Sistemas es un enfoque para entender el comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo. Se basa en la construcción de modelos matemáticos que capturan las relaciones causales entre las variables del sistema, permitiendo la simulación y el análisis de su dinámica”.

En esta definición, se resalta que la Dinámica de Sistemas se centra en el estudio del comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo, utilizando modelos matemáticos que representan las relaciones causales entre las variables. Estos modelos permiten la simulación y el análisis de la dinámica del sistema, brindando una visión integral y holística de su funcionamiento.

Figura 1: Dinámica de Sistemas



Fuente: Dinámica de Sistemas (s.f.)

Variables

Las variables son características o propiedades que pueden cambiar o variar en un sistema, experimento o fenómeno. Son elementos fundamentales en la recopilación de datos y el estudio científico, ya que representan las magnitudes que se observan, miden o manipulan para analizar su relación con otras variables y comprender los patrones o fenómenos en estudio.

Una definición ampliamente aceptada de variables proviene de la metodología científica. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), “una variable es una característica o propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse”.

Relaciones causales

Las relaciones causales se refieren a las conexiones o vínculos de causa y efecto que existen entre variables o fenómenos. Indican cómo un cambio en una variable o factor puede influir en el cambio de otra variable o fenómeno.

Una definición ampliamente aceptada de relaciones causales se encuentra en la teoría de la causalidad. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), “una relación causal es una relación entre dos o más variables en la cual un cambio o variación en una variable produce un cambio o variación en otra variable”.

Realimentación

La realimentación, también conocida como retroalimentación o feedback, es un proceso en el cual la salida o los resultados de un sistema afectan a su propia entrada o a los elementos que lo componen. Es un mecanismo mediante el cual la información o los efectos generados por un sistema se retroalimentan y vuelven a influir en el comportamiento o la operación del sistema en sí mismo.

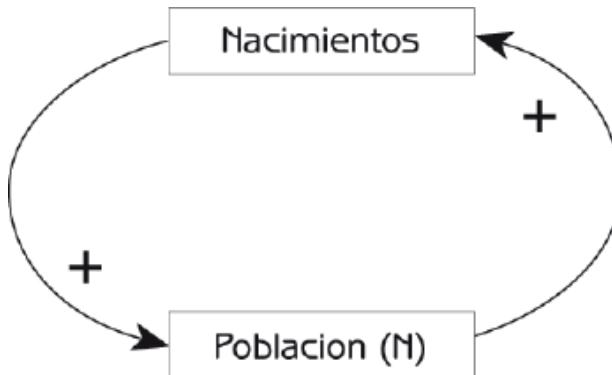
Una definición ampliamente aceptada de realimentación se encuentra en la teoría de sistemas y control. Según Katsuhiko Ogata (2010), “la realimentación es el proceso por el cual una parte de la salida de un sistema se retroalimenta y se agrega a la entrada, lo que influye en el comportamiento futuro del sistema”.

Retroalimentación positiva y negativa

La retroalimentación positiva y negativa son dos tipos de mecanismos de retroalimentación que pueden ocurrir en un sistema. A continuación, se proporcionan definiciones respaldadas por el conocimiento comúnmente aceptado:

Retroalimentación positiva: La retroalimentación positiva es un proceso en el que los efectos de un cambio en una variable amplifican o refuerzan ese cambio. En otras palabras, cuando se produce un cambio en una variable, la retroalimentación positiva impulsa a que ese cambio se incremente aún más en la misma dirección. Es un ciclo de refuerzo que puede conducir a cambios exponenciales o a la amplificación de los efectos.

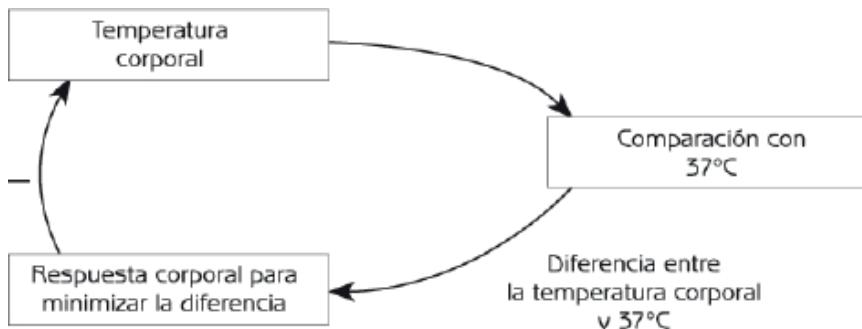
Figura 2: Retroalimentación positiva



Fuente: Gerry Marten. (s/f).

Retroalimentación negativa: La retroalimentación negativa es un proceso en el que los efectos de un cambio en una variable contrarrestan o amortiguan ese cambio. Cuando se produce un cambio en una variable, la retroalimentación negativa tiende a estabilizar el sistema al generar cambios que se oponen al cambio original. Es un mecanismo de autorregulación que busca mantener el equilibrio o la homeostasis en el sistema.

Figura 3: Retroalimentación negativa



Fuente: Gerry Marten. (s/f).

Flujos

En el contexto de los sistemas, los flujos se refieren a la transferencia o movimiento de algo (como energía, materia, información) de un lugar a otro dentro de un sistema o entre diferentes componentes de un sistema. Los flujos son una parte fundamental para comprender cómo los elementos interactúan y se relacionan entre sí en un sistema.

Acumuladores

En el contexto de los sistemas, los acumuladores se refieren a variables o componentes que almacenan y acumulan una cantidad o medida específica a lo largo del tiempo. Estos acumuladores representan la acumulación, almacenamiento o retención de algún recurso, entidad o estado en un sistema.

Una referencia comúnmente citada que aborda el concepto de acumuladores en el contexto de los sistemas dinámicos es el libro “Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World” de John Sterman (2000). El libro explora cómo los acumuladores son utilizados para modelar el flujo y la acumulación de recursos en los sistemas empresariales.

TEORÍA DE SISTEMAS

La teoría de sistemas es un enfoque interdisciplinario que estudia los sistemas como entidades complejas compuestas por elementos interrelacionados y que se basa en la idea de que los sistemas tienen propiedades y comportamientos que no pueden ser comprendidos solo a través del análisis de sus partes individuales (Bertalanffy, 1968).

Ludwig Von Bertalanffy, considerado el padre de la teoría de sistemas, afirmó en 1968: “La teoría de sistemas es una tentativa de estructurar e integrar los conocimientos sobre los sistemas en una teoría general que pueda aplicarse a todos los niveles y a todos los tipos de sistemas” (Bertalanffy, 1968).

Bertalanffy destaca que la teoría de sistemas tiene como objetivo proporcionar un marco conceptual unificado para comprender y estudiar sistemas de cualquier tipo y nivel, desde sistemas biológicos y sociales hasta sistemas tecnológicos y organizacionales. La teoría de sistemas busca identificar principios y conceptos generales que se apliquen a través de diferentes disciplinas, reconociendo las interconexiones y las interacciones entre los elementos de un sistema.

Estructura de sistemas

La estructura de sistemas se refiere a la disposición, organización y relaciones entre los componentes que conforman un sistema. Es la forma en que los elementos individuales de un sistema están interconectados y se relacionan entre sí para lograr un propósito o función específica.

Límites de un sistema

En el contexto de los sistemas, los límites se refieren a los puntos de separación o fronteras que delimitan el sistema en estudio del entorno externo. Establecer límites claros es importante para definir qué elementos están incluidos dentro del sistema y qué elementos quedan fuera.

Componentes de un sistema

Los componentes de un sistema pueden variar según el tipo y el enfoque del sistema en cuestión, pero en general se pueden identificar algunos elementos comunes que se encuentran en muchos sistemas. Estos componentes pueden incluir:

Entradas: son los recursos, insumos o datos que entran en el sistema y que son procesados o transformados por el sistema.

Procesos o transformaciones: son las actividades u operaciones que se realizan en el sistema para convertir las entradas en salidas.

Salidas: son los resultados, productos o servicios generados por el sistema a partir de las entradas y los procesos.

Retroalimentación o feedback: es la información que el sistema recibe sobre sus propias salidas, que puede ser utilizada para ajustar o mejorar los procesos o resultados futuros.

Ambiente o entorno: es el contexto externo en el que el sistema opera y que puede afectar el funcionamiento del sistema.

Objetivos o metas: son los resultados deseados que el sistema busca lograr a través de sus procesos y salidas.

Cabe destacar que estos componentes pueden variar dependiendo del sistema en cuestión y que algunos sistemas pueden tener componentes adicionales o diferentes a estos.

MODELADO Y SIMULACIÓN

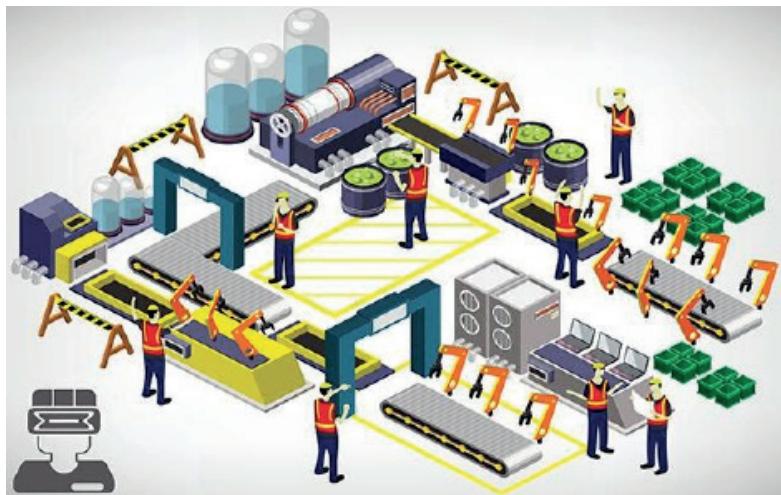
Simulación

Una simulación es una técnica que permite imitar o reproducir el comportamiento de un sistema o fenómeno en un entorno controlado y artificial. Consiste en la ejecución de un modelo de simulación para obtener resultados que reflejen el comportamiento esperado del sistema en estudio.

Según Banks, Carson y Nelson (2005), “la simulación es una representación computarizada de un sistema real o propuesto, que se ejecuta con el fin de comprender, evaluar o mejorar el rendimiento del sistema”.

Las simulaciones se utilizan ampliamente en diversos campos, como la ingeniería, la gestión empresarial, la medicina, las ciencias sociales y muchas otras disciplinas, donde se enfrentan problemas complejos y costosos de abordar en el mundo real. Proporcionan una herramienta valiosa para el análisis, la toma de decisiones y la predicción de resultados sin incurrir en los riesgos o costos asociados con experimentos en la realidad.

Figura 4: Simulación



Fuente: Tipos de simulaciones. (s/f).

Modelo de simulación

Un modelo de simulación es una representación simplificada y abstracta de un sistema real o propuesto, que captura las características y comportamientos esenciales del sistema para permitir su estudio, análisis y predicción a través de la simulación computacional (Law & Kelton, 2020).

Según Law y Kelton (2020), “un modelo de simulación es una representación lógica y matemática de un sistema, entidad o fenómeno con el propósito de comprenderlo, evaluar su desempeño o predecir su comportamiento futuro”.

Tipos de Modelos de Simulación

Según A. M. Law y W. D. Kelton (2020), autores del libro “Simulation Modeling and Analysis”, se pueden identificar varios tipos de modelos de simulación. Estos incluyen modelos de simulación continua, modelos de simulación discreta, modelos de simulación basados en agentes, modelos de simulación de eventos discretos y modelos de simulación de Monte Carlo.

Modelos de simulación continua: Estos modelos representan sistemas en los que las variables cambian de manera continua en el tiempo. Utilizan ecuaciones diferenciales para describir las relaciones entre las variables y se emplean en simulaciones de procesos físicos y fenómenos continuos, como el flujo de fluidos, la propagación de ondas o la evolución de poblaciones.

Modelos de simulación discreta: Estos modelos representan sistemas en los que los eventos ocurren en momentos discretos y se saltan de un estado a otro. Se utilizan para simular sistemas que experimentan cambios discretos, como colas de espera, líneas de producción, sistemas de inventario y operaciones logísticas.

Modelos de simulación basados en agentes: Estos modelos simulan la interacción y el comportamiento de entidades individuales, conocidas como agentes, en un sistema. Los agentes tienen atributos, reglas de comportamiento y pueden interactuar con otros agentes y su entorno. Se utilizan para simular sistemas sociales, económicos y biológicos complejos, como la simulación de ciudades, el comportamiento de consumidores o la evolución de ecosistemas.

Modelos de simulación de eventos discretos: Estos modelos representan sistemas en los que los eventos ocurren en momentos discretos y se enfocan en el estudio de la secuencia de eventos y las interacciones entre ellos. Se utilizan para simular sistemas complejos, como sistemas de tráfico, aeropuertos, redes de comunicación y procesos de negocio.

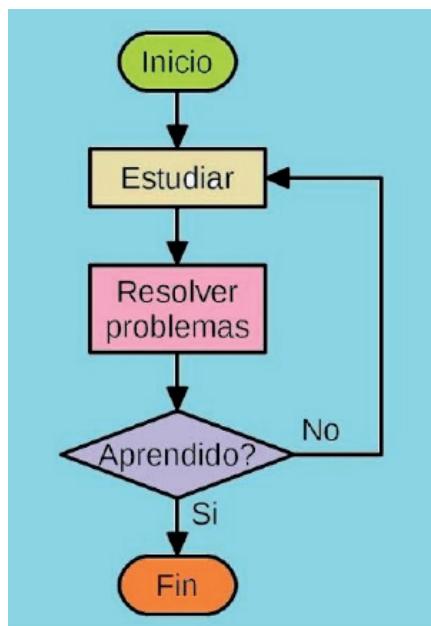
Modelos de simulación de Monte Carlo: Estos modelos utilizan técnicas de muestreo aleatorio para simular la incertidumbre en los sistemas. Se generan múltiples muestras aleatorias para evaluar diferentes escenarios y estimar la probabilidad de resultados específicos. Se emplean en análisis de riesgos, evaluación financiera, optimización y toma de decisiones bajo incertidumbre.

Gráficos de flujo

Según el libro "Introduction to Algorithms" de Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest y Clifford Stein (2009) explica cómo los gráficos de flujo son utilizados para representar algoritmos y procesos en ciencias de la computación.

Un gráfico de flujo, también conocido como diagrama de flujo, es una representación visual que muestra la secuencia de pasos o procesos de un sistema, procedimiento o algoritmo. Utiliza símbolos gráficos para representar diferentes tipos de acciones, decisiones, entradas y salidas, y las conexiones entre ellos.

Figura 5: Diagrama de flujo



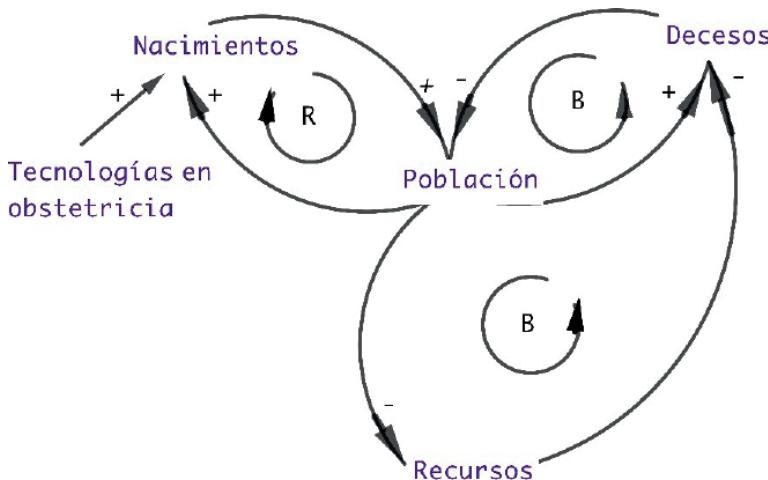
Fuente: Informática II (2021)

Diagramas de causalidad

Un diagrama de causalidad es una representación gráfica que muestra las relaciones de causa y efecto entre diferentes variables o elementos en un sistema. Ayuda a visualizar y comprender cómo las variables están interconectadas y cómo los cambios en una variable pueden afectar a otras variables en el sistema.

En un diagrama de causalidad, las flechas se utilizan para indicar las relaciones causales. Una flecha que va desde una variable A hacia una variable B indica que A tiene un efecto causal sobre B. Estas relaciones pueden ser directas o indirectas, y pueden formar la base para el análisis de las dinámicas y comportamientos de un sistema.

Figura 6: Diagrama causal



Fuente: UMNG - Facultad de estudios a distancia. (s/f)

Diagramas de stock y flujo

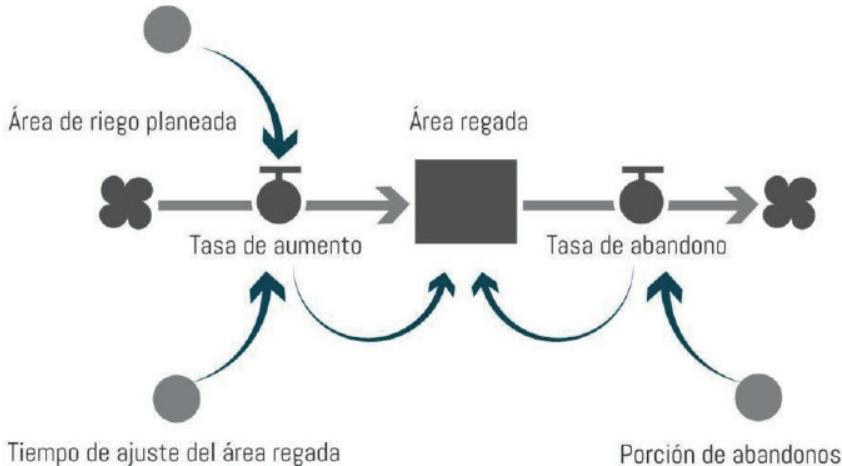
Un diagrama de stock y flujo, también conocido como diagrama de acumulación y flujo, es una representación gráfica que muestra la relación entre los stocks (acumuladores) y los flujos en un sistema dinámico. Este tipo de diagrama se utiliza en la dinámica de sistemas para visualizar cómo los flujos afectan los niveles o existencias acumuladas de una variable en el tiempo.

En un diagrama de stock y flujo, los stocks se representan como rectángulos y los flujos se representan como flechas que conectan los stocks. Los stocks representan las cantidades acumuladas o existencias de una variable en un momento dado, mientras que los flujos representan las tasas de cambio o transferencias de una variable a otra.

Por ejemplo, en un diagrama de stock y flujo de un sistema económico, un stock podría ser la cantidad de dinero en circulación, y los flujos podrían ser los ingresos y gastos que afectan la cantidad de dinero en el sistema.

Este tipo de diagrama es útil para comprender cómo los flujos de entrada y salida afectan el nivel acumulado de una variable en el tiempo, permitiendo el análisis de los cambios en los stocks y su impacto en el comportamiento general del sistema.

Figura 7: Diagrama de stock y flujo



Fuente: Gus. (2020, agosto 5).

Softwares para la construcción y simulación de modelos

Existen varios softwares ampliamente utilizados para la construcción y simulación de modelos en diversos campos, incluyendo la dinámica de sistemas y otros enfoques de modelado. A continuación, se mencionan algunos de los softwares más populares:

Vensim: Es un software especializado en la construcción y simulación de modelos de dinámica de sistemas. Ofrece una interfaz gráfica intuitiva para crear diagramas de stock y flujo, y permite realizar simulaciones y análisis de políticas.

Simulink: Es una herramienta de simulación y modelado desarrollada por MathWorks. Es ampliamente utilizada en la industria y la academia para la construcción de modelos basados en bloques y la simulación de sistemas dinámicos.

Arena: Es un software de simulación de eventos discretos ampliamente utilizado en la optimización y análisis de procesos. Es utilizado en la industria manufacturera, logística, atención médica y otros sectores para el modelado y la simulación de sistemas complejos.

Estos son solo algunos ejemplos de software utilizados para la construcción y simulación de modelos. La elección del software depende de la naturaleza del modelo, los requisitos específicos del proyecto y la experiencia del usuario. Cada software tiene sus propias características y fortalezas en diferentes áreas de aplicación.



VENSIM

Vensim es un software especializado en la construcción, simulación y análisis de modelos de dinámica de sistemas. Fue desarrollado por Ventana Systems, Inc. y es ampliamente utilizado en investigaciones académicas, análisis de políticas y toma de decisiones en diversos campos, como la economía, la gestión empresarial, la salud pública, la ingeniería y la sostenibilidad.

Figura 8: Software Vensim



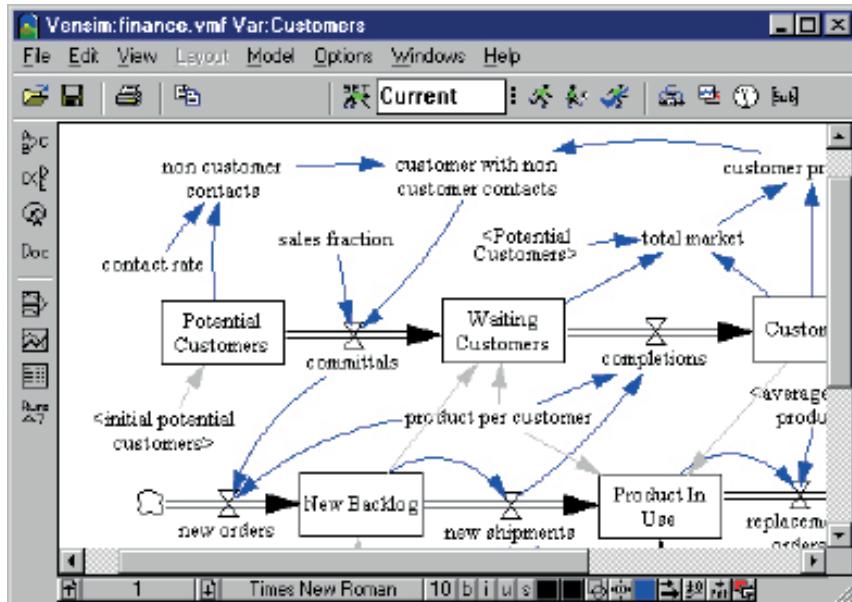
Fuente: Vensim PLE free download. (2018, diciembre 5).

Vensim ofrece una interfaz gráfica intuitiva que permite a los usuarios construir modelos utilizando diagramas de stock y flujo. Los elementos del modelo se representan mediante iconos gráficos, como stocks, flujos, variables, conectores y funciones. Los usuarios pueden definir las relaciones causales entre las variables, especificar ecuaciones y establecer parámetros.

Una vez que se ha construido el modelo, Vensim permite realizar simulaciones para comprender el comportamiento dinámico del sistema a lo largo del tiempo. Los usuarios pueden explorar diferentes escenarios, ajustar los valores de los parámetros y analizar los resultados de las simulaciones. Además, Vensim ofrece herramientas avanzadas para el análisis de políticas, la optimización y la sensibilidad de los modelos.

Vensim es conocido por su capacidad para manejar modelos complejos y su enfoque en la retroalimentación dinámica y el análisis de políticas. Además de su versión comercial, también existe una versión gratuita llamada Vensim PLE (Personal Learning Edition) que proporciona funcionalidades limitadas, pero permite a los usuarios aprender y practicar el uso del software. (Vensim, s.f.).

Figura 9: Interfaz Vensim



Fuente: (Vensim Model Reader | Vensim, s. f.-b)

EJERCICIO 01

EMPRESA NUEVA VISIÓN

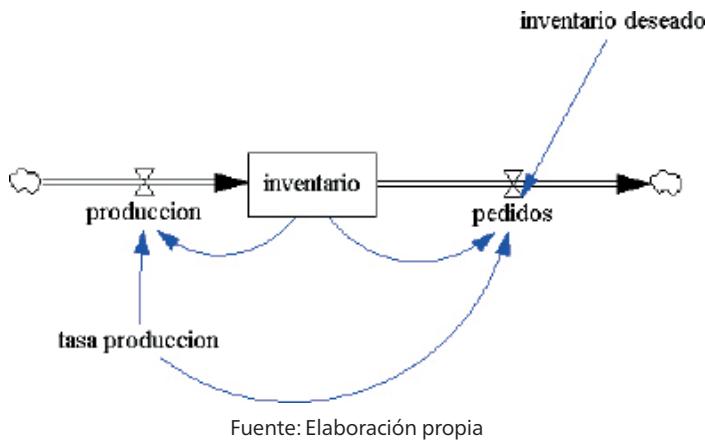
Nueva Visión dispone inicialmente de 100 unidades. Deseamos saber cómo evolucionará el inventario a lo largo del tiempo. La producción es directamente proporcional al inventario, siendo la constante de proporcionalidad del 15% (tasa de producción).

La empresa quiere mantener el inventario en un determinado nivel máximo K con el objetivo de controlar los costos.

- $K = 500$ unidades
- Tasa de producción = 15% Solución:

Realizamos el diagrama Forrester en el software.

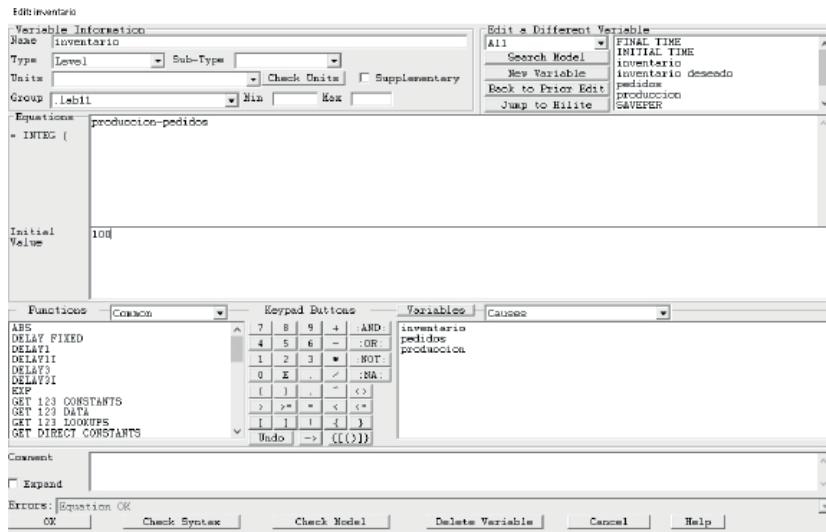
Figura 10: Diagrama Forrester



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con ayuda del software Vensim podemos relacionar las variables entre ellas de acuerdo con el planteamiento del ejercicio. Identificamos la variable de nivel "inventario", las de flujo "producción" y "pedidos", también tenemos las variables auxiliares "inventario deseado" y "tasa producción".

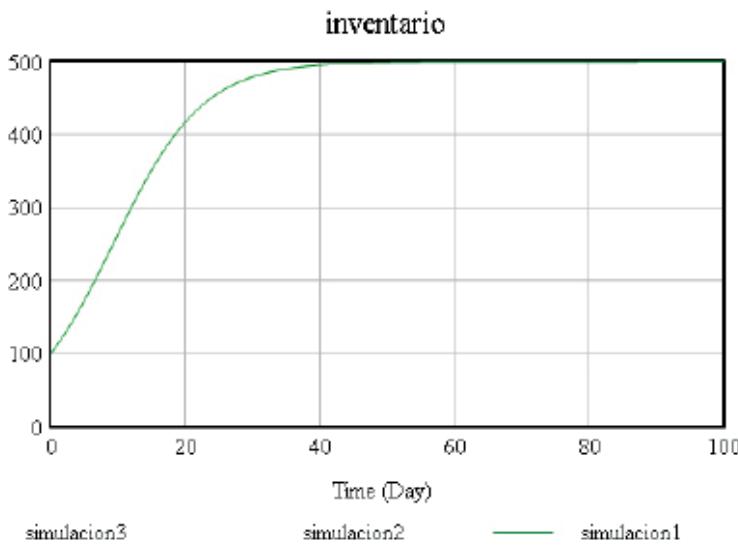
Figura 11: Ingreso de datos



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Ingresamos los datos para cada una de las variables de acuerdo con las especificaciones del ejercicio planteado.

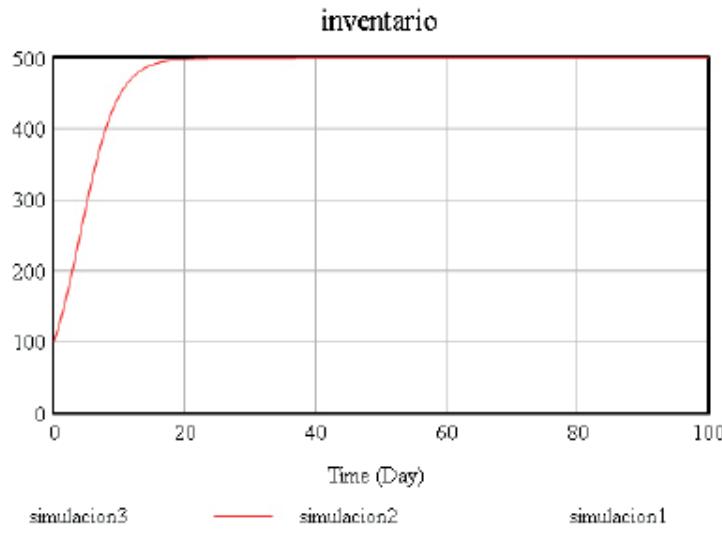
Figura 12: Gráfica inventario simulación1



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El ritmo de crecimiento desciende hasta que se alcanza el límite máximo (en el mes 41), entonces el inventario tiende a estabilizarse debido al espacio en el almacén que son de 500 unidades como máximo.

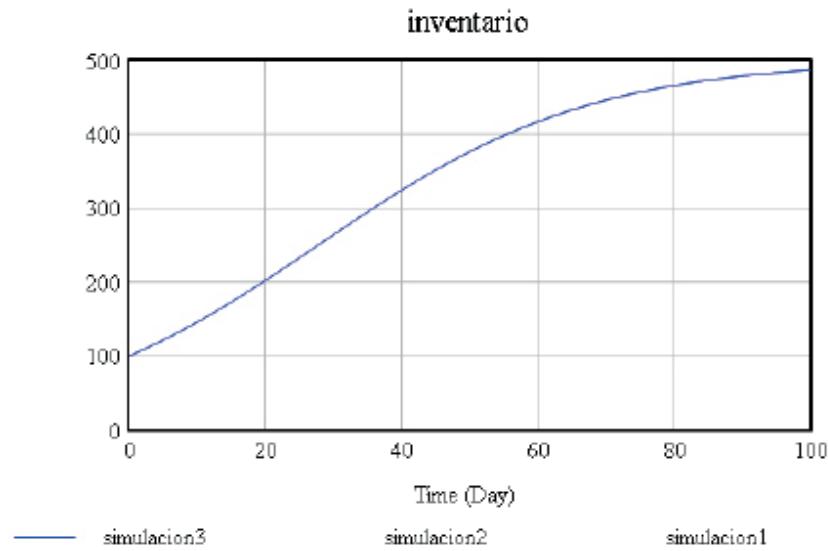
Figura 13: Gráfica inventario simulación2



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para esta segunda simulación se cambió la tasa de producción a 35%. El ritmo de crecimiento desciende más rápido hasta que se alcanza el límite máximo (en el mes 20), entonces el inventario tiende a estabilizarse debido al espacio en el almacén que son de 500 unidades como máximo.

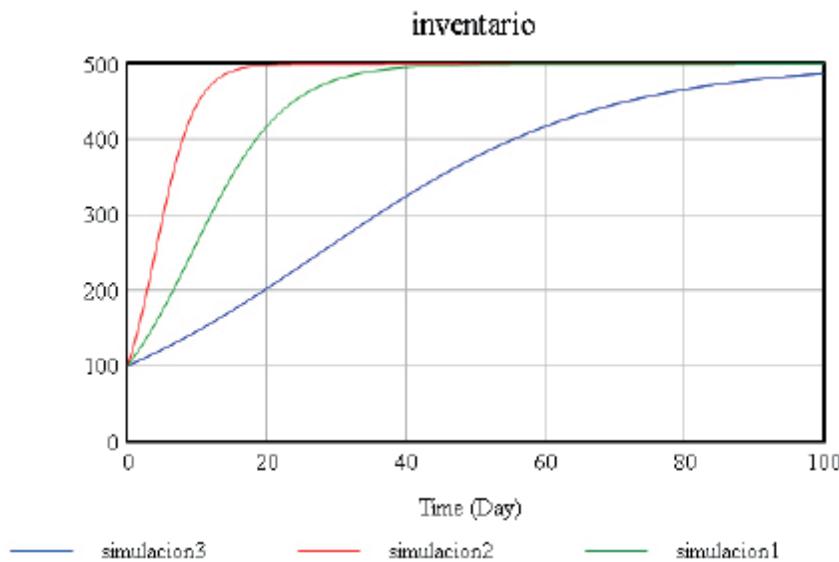
Figura 14: Gráfica inventario simulación3



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para esta segunda simulación se cambió la tasa de producción a 5%. El ritmo de crecimiento desciende más lento hasta que se alcanza el límite máximo (en el mes 100), entonces el inventario tiende a estabilizarse debido al espacio en el almacén que son de 500 unidades como máximo.

Figura 15: Gráfica inventario simulaciones



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con las tres diferentes tasas de producción el crecimiento desciende hasta alcanzar el límite máximo, podemos decir que con el tiempo el inventario tiende a estabilizarse, sin embargo, el comportamiento para cada una es diferente ya que a mayor tasa de producción (35% en el modelo-simulación2), entonces la curva tiende a llegar más rápido a su capacidad (500) y a menos tasa de producción (5% en el modelo-simulación3), la curva tiende a llegar más lento a su capacidad.

Figura 16: Tabla de tiempos de las 3simulaciones

Time (Day)	“inventario”	inventario	simulacion3	simulacion2	simulacion1
41.5	Ruta	332.724	499.999	496.182	
41.625	simulacion3	333.42	499.999	496.254	
41.75	simulacion2	334.114	499.999	496.323	
41.875	4th	334.807	499.999	496.392	
42	simulacion1.v	335.498	499.999	496.459	
42.125	4th	336.188	499.999	496.525	
42.25		336.877	499.999	496.589	
42.375		337.564	499.999	496.653	
42.5		338.249	499.999	496.715	
42.625		338.933	499.999	496.777	
42.75		339.615	500	496.837	
42.875		340.296	500	496.896	
43		340.976	500	496.953	
43.125		341.653	500	497.01	
43.25		342.33	500	497.066	

Fuente: Elaboración propia

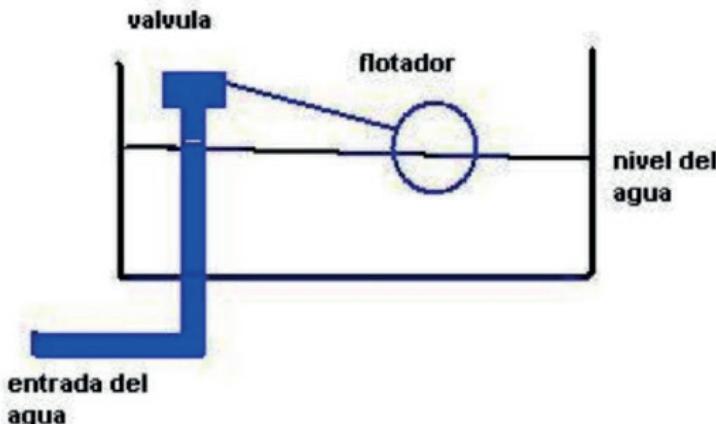
Interpretación: En la tabla se muestra que para el día 43 el inventario de la simulación1 (15% tasa de producción) se tendrá 496.953 unidades, para la simulación2 (35% tasa de producción) se tendrá 500 unidades y para la simulación3 (5% tasa de producción) se tendrá 340.976 unidades.

EJERCICIO 02

MODELO DE LLENADO DE UN TANQUE

Un sistema que representa este tipo de comportamiento es el mecanismo de llenado de un tanque de agua de un baño tradicional.

Figura 17: Modelo llenado de tanque



Supongamos que el Tanque tiene una capacidad de 20 litros y que en términos normales se demora 60 segundos en llenarse (1 minuto). Es de recordar que la válvula regula la entrada de agua, a medida que haya más agua en el tanque la entrada de agua es menor.

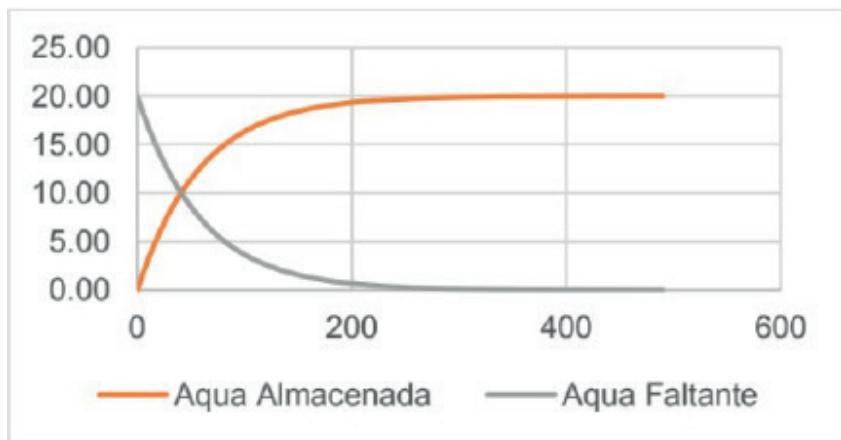
Podemos hacer un programa de computador o usar la hoja electrónica para observar el comportamiento de este sistema. Así:

Figura 18: Comportamiento del sistema ejercicio02

Tiempo en segundos	Cantidad Agua entrante	Aqua Almacenada en el tanque	Cantidad Agua Faltante	Entrada del agua (Caudal)
TIEMPO	CAE	TRAVEL	CAP	EA
0	0.00	0.00	20.00	0.33
2	0.66	0.66	19.34	0.32
4	0.64	1.30	18.70	0.31
6	0.62	1.93	18.07	0.30
8	0.60	2.53	17.47	0.29
10	0.58	3.11	16.89	0.28
12	0.56	3.68	16.32	0.27
14	0.54	4.22	15.78	0.26

- El tiempo en que se simula el sistema es cada 2 segundos.
- En el inicio del llenado del tanque el tiempo es 0 segundos.
- La cantidad del agua en el tanque al tiempo cero es igual a 0.
- La cantidad de agua faltante para llenar el tanque es igual a 20 menos el agua en el tanque.
- La cantidad de agua que entra por segundo es igual a la cantidad de agua que falta para llenar el tanque dividido por 60 segundos que es el tiempo que se tardaría normalmente en llenarse el tanque.

Figura 19: Gráfica resultante ejercicio02



Fórmulas usadas:

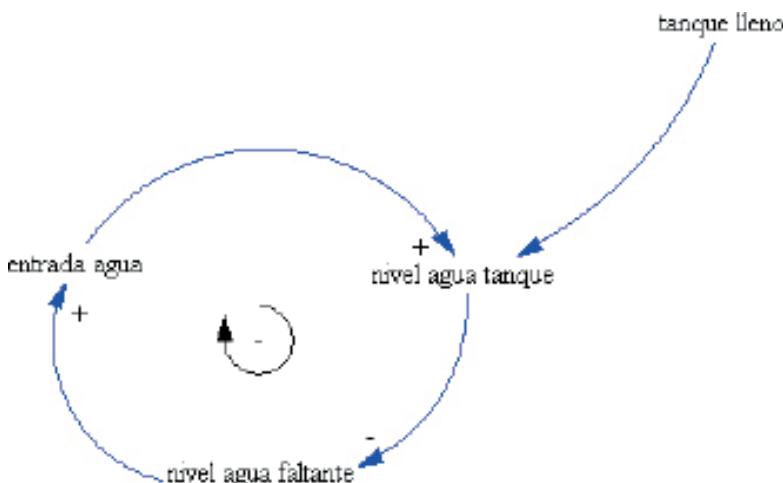
- | CAPACIDAD DEL TANQUE (CT) = 20
 - | TIEMPO DE LLENARSE UN TANQUE (TLT) = 60
 - | Cantidad de agua entrante (CAE)
 - | Agua en el Tanque (Nivel)
 - | Cantidad de agua faltante para llenar el tanque (CAF)
 - | Entrada de Agua (EA)
 - | CAE (i) = EA (i - 1) X 2 donde CAE (0) = 0
 - | Nivel (i) = Nivel (i - 1) + CAE (i)
 - | CAF(i) = CT - Nivel (i)
 - | EA (i) = CAF(i) / (TLT)

Realizar el Diagrama Causal y Forrester del siguiente propuesto.

Solución:

Realizamos el Diagrama Causal del sistema propuesto en el software Vensim.

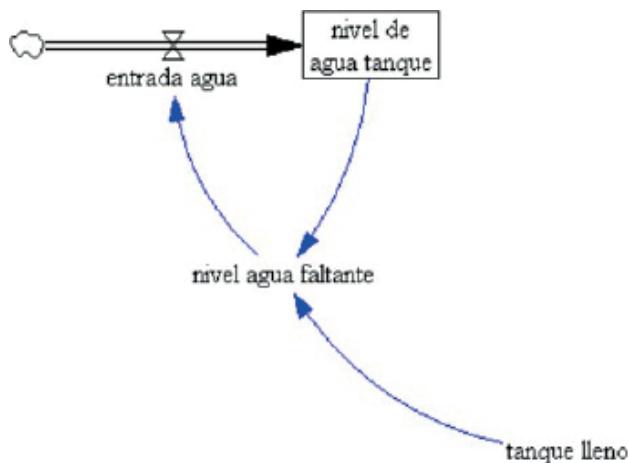
Figura 20: Diagrama causal ejercicio02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En nivel de agua en el tanque está condicionado al nivel máximo del tanque es decir el nivel no puede ser mayor de la capacidad de este tanque lleno (20 litros). A mayor "entrada de agua" el "nivel de agua" se incrementa y el "nivel de agua faltante" disminuye, mientras exista un "nivel de agua faltante" seguirá ingresando agua por lo que esta tiene influencia positiva sobre la variable "entrada agua"

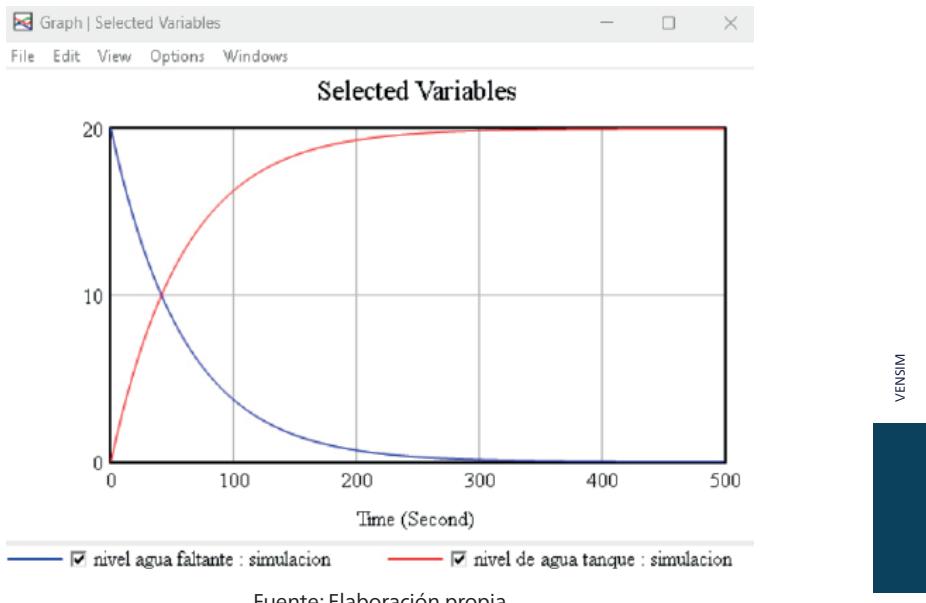
Figura 21: Diagrama Forrester ejercicio02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Tenemos la variable de nivel "nivel de agua en el tanque", la variable de flujo "entrada de agua" y las variables auxiliares "nivel de agua faltante", "tanque lleno".

Figura 22: Gráfica 2 variables ejercicio02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El tanque tiene una capacidad de 20 litros y la cantidad de agua que entra por segundo es igual a la cantidad de agua que falta para llenar el tanque dividido por 60 segundos que es el tiempo que se tardaría normalmente en llenarse el tanque.

Entonces el nivel de agua en el tanque se incrementa conforme pasa el tiempo y de manera viceversa el nivel de agua faltante va en decremento.

Figura 23: Tabla resultante ejercicio02

Time (Second)	Selected	nivel agua faltante	nivel de agua tanque
441	Variables	0.01208	19.9879
442	Variables	0.0118786	19.9881
443	Variables	0.0116807	19.9883
444	Variables	0.011486	19.9885
445	Variables	0.0112945	19.9887
446	Variables	0.0111063	19.9889
447	Variables	0.0109212	19.9891
448	Variables	0.0107392	19.9893
449	Variables	0.0105602	19.9894
450	Variables	0.0103842	19.9896
451	Variables	0.0102111	19.9898
452	Variables	0.0100409	19.99

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que en el segundo 452 se tiene el nivel de agua del tanque al mismo nivel de capacidad del tanque.

EJERCICIO 03

TARJETA DE CRÉDITO

A continuación, vamos a simular un modelo en Vensim referente a una tarjeta de crédito. Las tarjetas de crédito es una de las formas en que la gente pide prestado dinero. Con una tarjeta de crédito, una persona puede comprar sin utilizar efectivo. La compañía de la tarjeta de crédito paga la compra, pero el usuario de la tarjeta tiene que rembolsar el dinero prestado a la tarjeta, a la compañía más tarde. Además, para el monto de la compra, el usuario de la tarjeta también tiene que pagar intereses del préstamo. El interés en un préstamo es calculado como una fracción fija del monto del préstamo y es cargado para el periodo de tiempo del préstamo.

Datos:

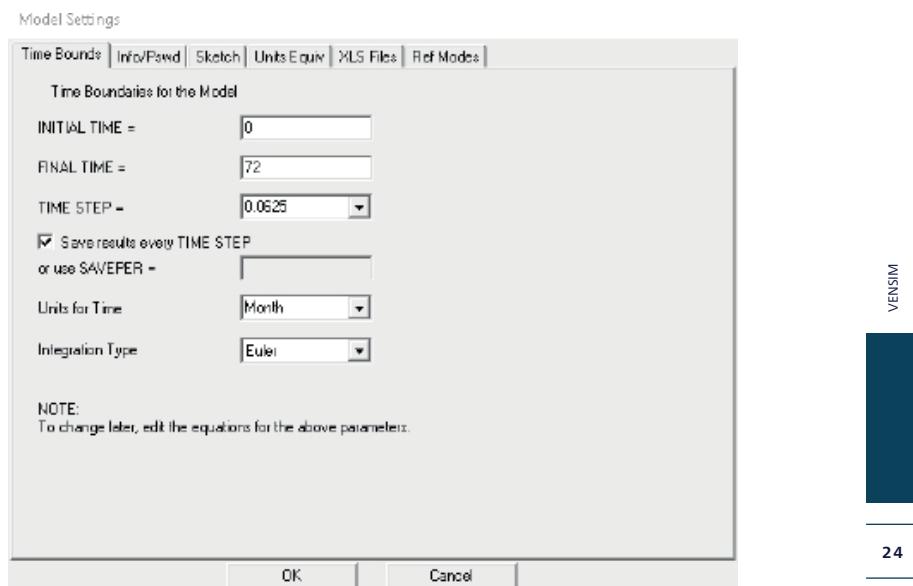
- | FINAL TIME = 72
- | TIME STEP = 0.0625
- | TIPO DE INTERES = 0.015
- | CHEQUE = 2000
- | FRACCIÓN DE GASTOS = 0.1
- | Saldo por pagar (valor inicial) = 0
- | Calidad de vida = Compas con tarjeta + Compras en efectivo
- | Crédito disponible = LIMITE DE CREDITO – Saldo por pagar
- | Compras en efectivo = CHEQUE – Interés en el saldo
- | Compras con tarjeta = FRACCION DE GASTOS * Crédito disponible
- | Pagos = Interés en el saldo
- | Interés en el saldo = TIPO DE INTERES * Saldo por pagar
- | Tasa de interés = Interés en el saldo
- | LIMITE DE CREDITO = STEP (6000,6)

Realizar la Simulación en Vensim

Solución:

Realizamos el Diagrama Forrester con los datos propuestos en el ejercicio.

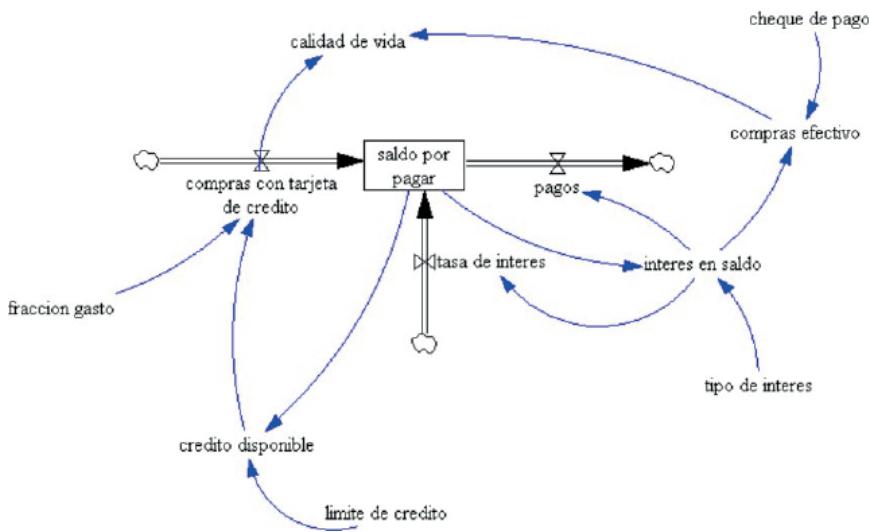
Figura 24: Configuración del modelo ejercicio03



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Configuramos el modelo de acuerdo con las especificaciones del ejercicio propuesto. El modelo se simulará para un tiempo de 72 meses, con una evaluación paso a paso de 0.0625 de unidad de tiempo (month).

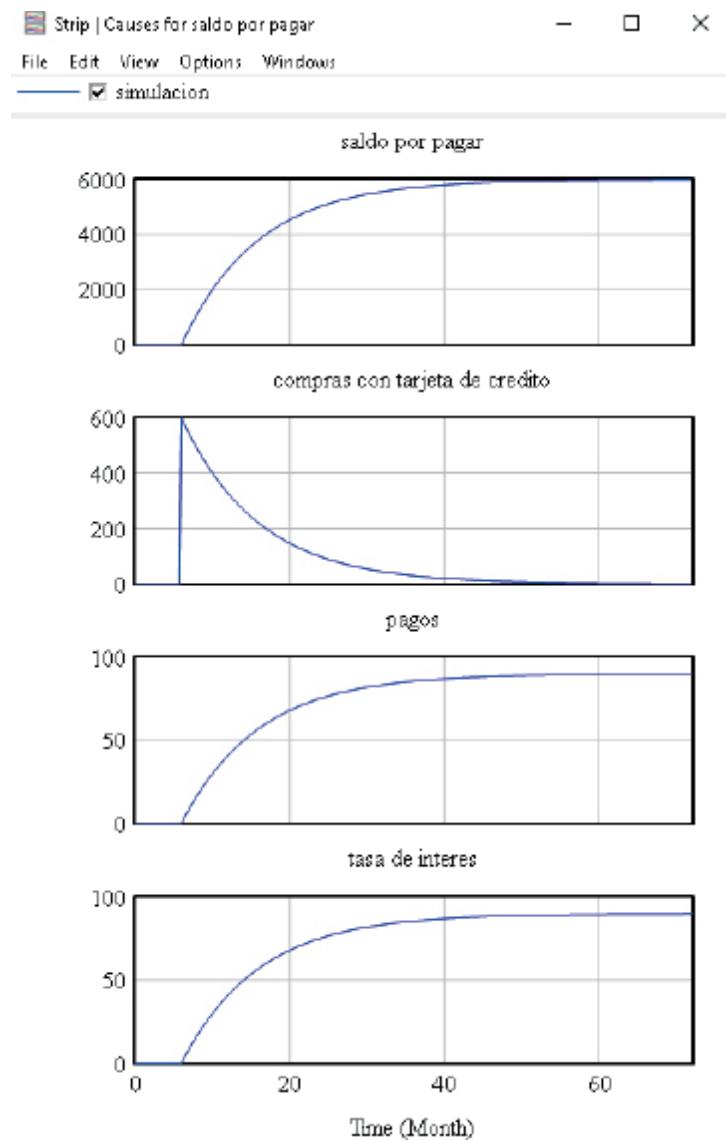
Figura 25: Diagrama Forrester ejercicio03



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se realiza el diagrama de Forrester donde tenemos la variable de nivel "saldo por pagar", las variables de flujo "compras con tarjeta de crédito", "pagos" y "tasas de interés". Las variables auxiliares "fracción de gasto", "crédito disponible", "límite de crédito", "calidad de vida", "compras en efectivo", "interés en saldo", "tipo de interés" y "cheque de pago". Así mismo se introducen los datos proporcionados en el ejercicio.

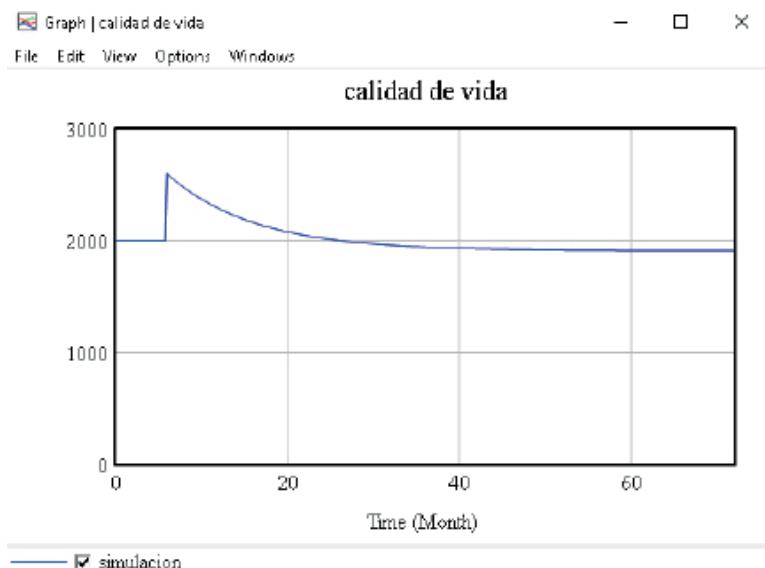
Figura 26: Gráficas ejercicio03



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En las gráficas se puede observar que a medida que se va haciendo compras con tarjeta de crédito el saldo de esta disminuye y se incrementan la tasa de interés, de igual manera el saldo por pagar también aumenta, así mismo la variable pagos se incrementan porque se tienen más deudas.

Figura 27: Gráfica calidad de vida ejercicio03



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con el incremento de la variable “saldo por pagar” se ve perjudicada la variable “calidad de vida” la cual disminuye a medida que pasa el tiempo.

Entonces concluimos que las deudas afectan la calidad de vida y aumentará de manera exponencial si se hacen compras excesivas con la tarjeta de crédito.

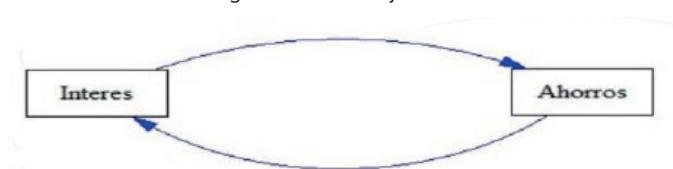
EJERCICIO 04

BUCLLES

Rellenar el bucle con los respectivos signos y hacer la interpretación necesaria en cada una de ellas:

a)

Figura 28: Bucle1 ejercicio04



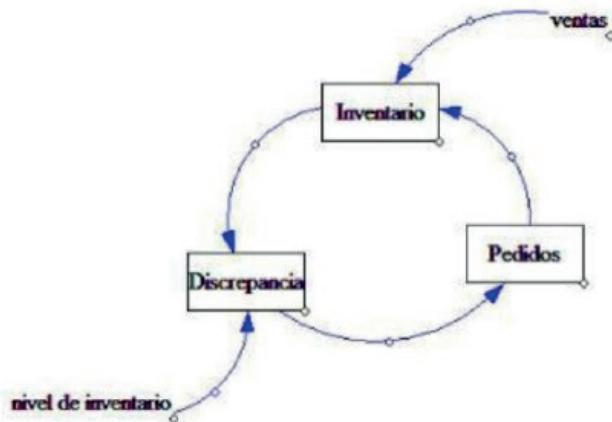
b)

Figura 29: Bucle2 ejercicio04



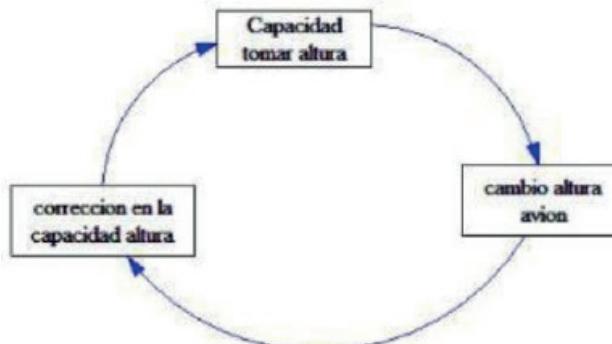
c)

Figura 30: Bucle3 ejercicio04



d)

Figura 31: Bucle4 ejercicio04

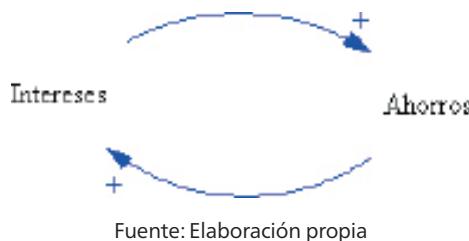


Solución:

Con ayuda del software Vensim realizamos los diagramas causales.

a)

Figura 32: Bucle1 solución ejercicio04



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Bucle positivo, los ahorros generan intereses. A mayor cantidad ahorrada los intereses se incrementarán. Mientras mayor sea el interés que se ofrece entonces las personas querrán ahorrar incrementando así la variable "ahorros".

b)

Figura 33: Bucle2 solución ejercicio04

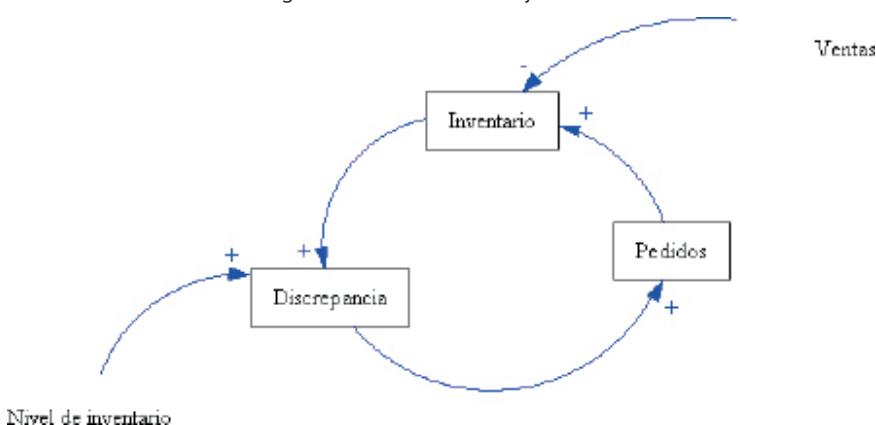


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Bucle positivo. Las deudas generan intereses a mayor deuda mayor interés, cuando los intereses son altos entonces la cantidad de dinero prestado se incrementa, lo que obviamente aumentaría la deuda.

c)

Figura 34: Bucle3 solución ejercicio04

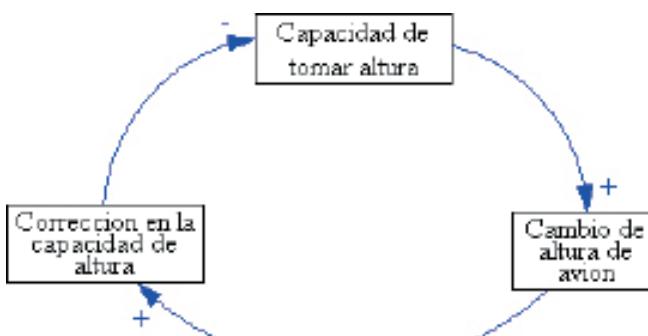


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Cuando se incrementen los pedidos de producto terminado, el inventario asciende, el inventario es el resultado de restar los pedidos con las ventas. Al incrementarse el inventario se dará mayor discrepancia por el nivel de inventario y lo que realmente debería tener en el inventario, esta discrepancia tiene una relación positiva con la variable “pedidos”.

d)

Figura 35: Bucle4 solución ejercicio04



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Bucle negativo, el cambio de altura del avión genera una corrección en la capacidad de tomar altura, mientras se hagan correcciones entonces la capacidad de tomar altura disminuye, y si esta capacidad aumenta entonces el cambio de altura podrá manejarse de mejor manera.

EJERCICIO 05

VENTAS DE SOFTWARE

La base de clientes de un fabricante de software se incrementa cuando se añaden nuevos clientes. A través del proceso boca en boca, un porcentaje de los clientes actuales recomiendan a otras personas que se hagan clientes nuevos.

Existen dos compañías de software, Nanosoft y Picosoft, cada una de las cuales tiene una base de clientes de 15000 y 10000 clientes respectivamente y un incremento fraccional de 0.1 clientes/semana (la fracción significa que 1 de cada 10 clientes convence a otra persona cada semana para que se haga cliente).

1. ¿Cuál es el tiempo de duplicación de clientes para las empresas?
2. ¿Aproximadamente cuánto tiempo le tomará a la base de clientes de Nanosoft crecer hasta 50000 clientes?

Solución:

Se examina el ejercicio propuesto y se concluye que se considerarán las siguientes ecuaciones en el proceso de desarrollo utilizando el software Vensim:

INITIAL TIME = 0

FINAL TIME = 13 (semanas) TIME STEP = 1

Incremento fraccional= 0.1

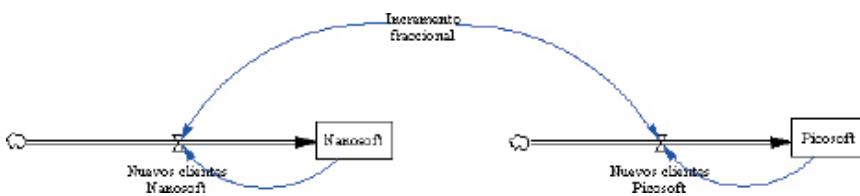
Nanosoft= INTEG (Nuevos clientes Nanosoft, 15 000)

Nuevos clientes Nanosoft= Incremento fraccional*Nanosoft
Picosoft= INTEG (Nuevos clientes Picosoft, 10 000)

Nuevos clientes Picosoft= Incremento fraccional*Picosoft

Realizamos el Diagrama Forrester con los datos propuestos en el ejercicio.

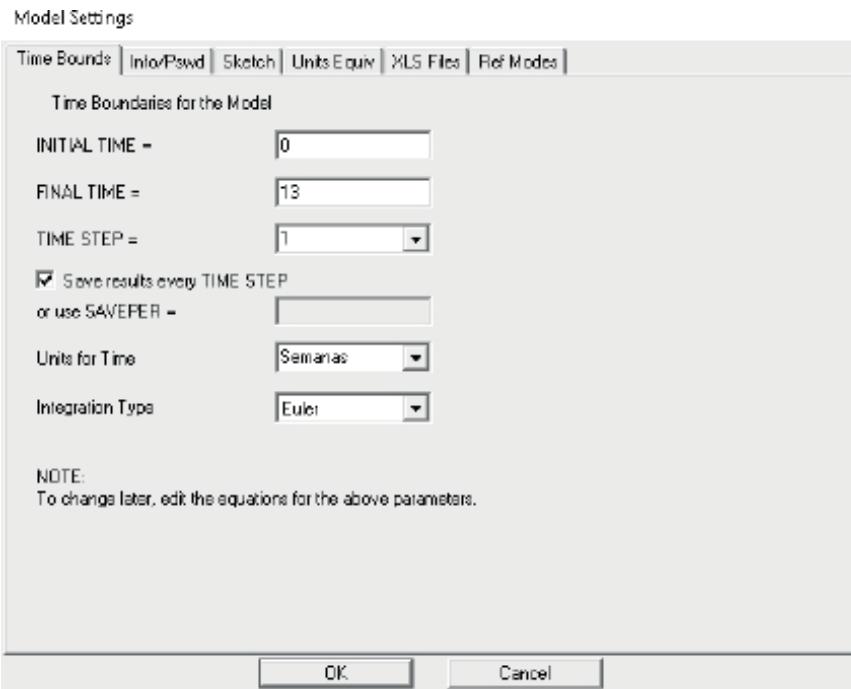
Figura 36: Diagrama Forrester ejercicio05



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se tiene como variables de nivel las compañías de software y las de flujo sus nuevos clientes. Se tendrá en cuenta la variable auxiliar “incremento fraccional” la cual condicionará el ingreso de clientes.

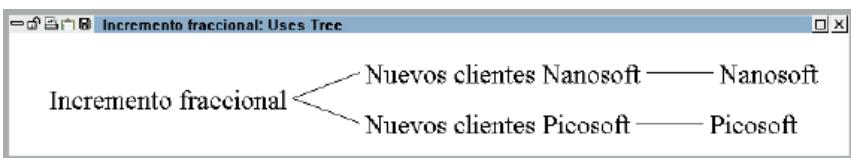
Figura 37: Configuración del modelo ejercicio05



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se configura el modelo por conveniencia en un tiempo de 13 semanas para poder responder las preguntas planteadas.

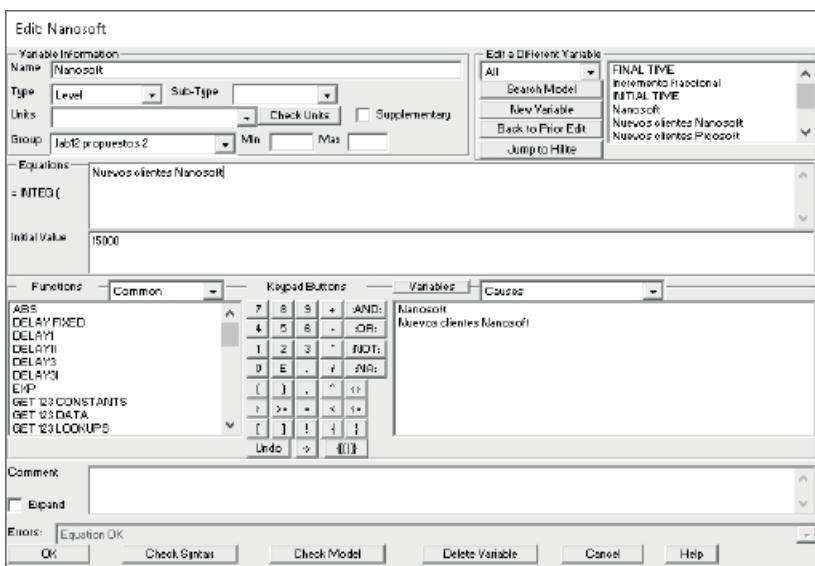
Figura 38: Árbol de causas ejercicio05



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se tiene la relación de variables, vemos que ambas compañías están condicionadas al incremento fraccional.

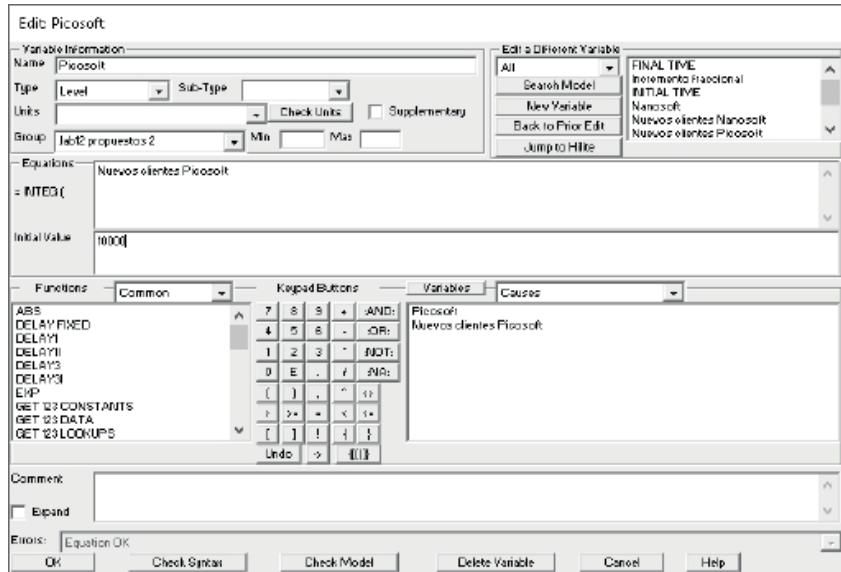
Figura 39: variable1 ejercicio05



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ingresan los valores para la compañía Nanosoft con un valor inicial de 15 000 clientes.

Figura 40: variable2 ejercicio05



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ingresan los valores para la compañía Nanosoft con un valor inicial de 10 000 clientes.

Figura 41: Tabla resultante ejercicio05

Table Time Down			
Time (Semanas)	Selected	Nanosoft	Picosoft
0	Variables	15000	10000
1	Runs:	16500	11000
2	Lab12	18150	12100
3	propuesto2	19965	13310
4		21961.5	14641
5		24157.7	16105.1
6		26573.4	17715.6
7		29230.8	19487.2
8		32153.8	21435.9
9		35369.2	23579.5
10		38906.1	25937.4
11		42796.8	28531.2
12		47076.4	31384.3
13		51784.1	34522.7

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se tienen los resultados en la simulación, el número de clientes dentro de 13 semanas para ambas compañías.

Figura 42: ¿Cuál es el tiempo de duplicación de clientes para las empresas?

Table Time Down			
Time (Semanas)	Selected	Nanosoft	Picosoft
0	Variables	15000	10000
1	Runs:	16500	11000
2	Lab12	18150	12100
3	propuesto2	19965	13310
4		21961.5	14641
5		24157.7	16105.1
6		26573.4	17715.6
7		29230.8	19487.2
8		32153.8	21435.9
9		35369.2	23579.5
10		38906.1	25937.4
11		42796.8	28531.2
12		47076.4	31384.3
13		51784.1	34522.7

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Teniendo un aumento fraccional de 0.1 para los nuevos clientes luego de simular se concluye que la compañía Nanosoft duplica el número de clientes en la semana 8. La compañía Picosoft lo hace en la semana 8 también.

Figura 43: ¿Aproximadamente cuánto tiempo le tomará a la base de clientes de Nanosoft crecer hasta 50 000 clientes? ejercicio05

Time (Semana)	Variables	Nanosoft	Picosoft
0		15000	10000
1	Ran:	16500	18000
2	Lab12	18150	21000
3	propuesta2	19963	23310
4		21961.5	24641
5		24157.7	28105.1
6		26573.4	32712.6
7		29230.8	39487.2
8		32151.8	47475.9
9		35369.2	56779.1
10		38906.1	67377.4
11		42796.8	79371.2
12		47076.4	92844.1
13		51784.1	10822.7

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Teniendo un aumento fraccional de 0.1 para los nuevos clientes, se concluye que a la compañía Nanosoft le tomará 13 semanas crecer hasta 50 000 clientes.

EJERCICIO 06

DISTRIBUIDOR DE CERVEZAS CUZQUEÑA

Un distribuidor de cerveza compra a la fábrica entre 120 a 800 cajas de cerveza al día. Semanalmente vende de 700 a 1200 cajas en su bodega en el local, y en los camiones de 1 000 a 2 500. También se menciona que en el mes a los trabajadores se les premia con 5 cajas para su disfrute. Si durante ese mes no han roto botellas accidentalmente, las cuales si se dan en ese orden de 1 a 2 cajas. Utilizando la dinámica de sistemas, crear el diagrama sinérgico y el diagrama de Forrester.

Figura 44: Diagrama causal ejercicio06

DISTRIBUIDOR DE CERVEZAS

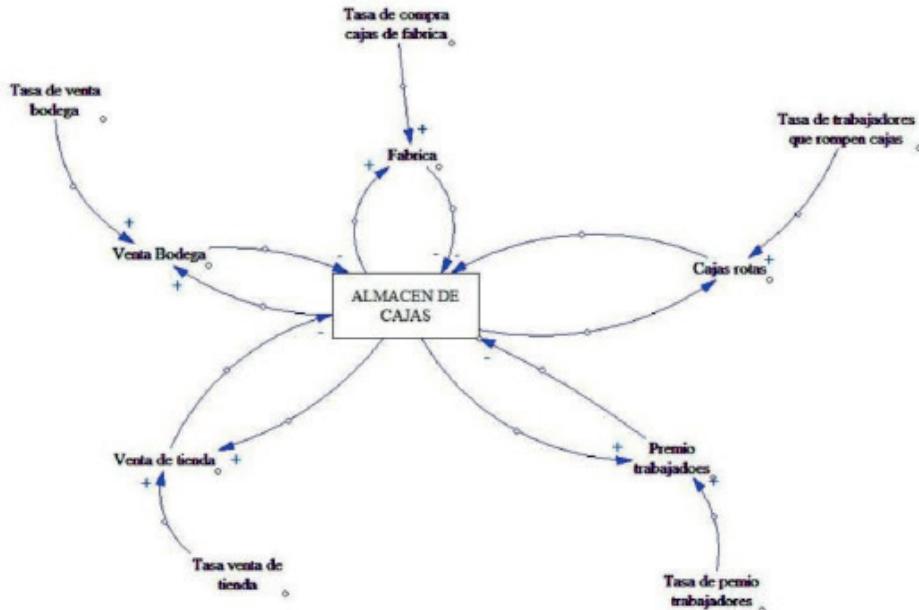


Figura 45: Datos iniciales ejercicio06

Total, de producción = 3000 cajas
 Total, de venta exterior = 1000 cajas
 Total, de interior = 1500 cajas
 Total, de regalos = 500 cajas
 Total, de rotas = 100 cajas
 Bodega = 2000 cajas

Figura 46: Fórmulas ejercicio06

Cajas = cajas iniciales + entrada de cajas de fábrica – venta bodega – venta tienda – premios trabajadores – cajas que se rompen.

Entrada de cajas = tasa compra cajas fabrica

Tasa compra de cajas = 7dias*120 a 7dias*800= “840” a 5600” cajas por semana.

Venta bodega= tasa venta bodega

Tasa de venta bodega =700 a 1200 cajas por semana

Venta tienda= tasa de venta tienda

Tasa de venta tienda = 1000 a 2500 cajas

Premio trabajador= tasa premio trabajador

Tasa premio trabajador= (5 cajas / 4semanas) * 500 trabajadores= 625 cajas por semana

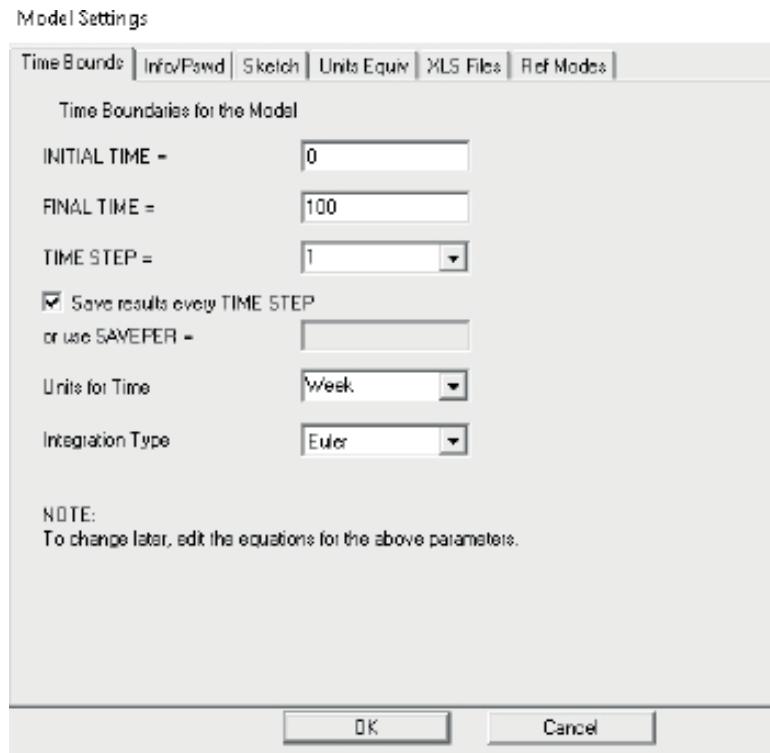
Cajas rotas= tasa cajas rotas

Tasa de cajas rotas = (2 cajas / 4 semanas) * 500 n, empleados = 250 cajas

Solución:

Con el software Vensim empezamos colocando los datos propuestos en el ejercicio.

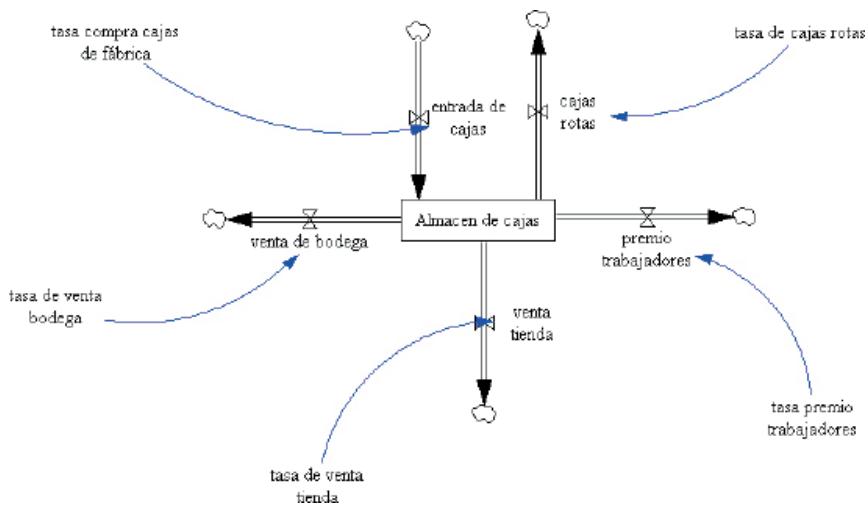
Figura 47: Configuración del modelo ejercicio06



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Introducimos los datos iniciales, finales y las unidades de tiempo para el modelo. La simulación se hará para 100 semanas.

Figura 48: Diagrama Forrester ejercicio06



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se construye el diagrama de Forrester a partir del diagrama causal, luego se ingresan los valores y fórmulas a cada variable.

Figura 49: Resultado simulación1 ejercicio06

Table Time Down	
Time (Week)	Almacén de cajas
0	2000
1	1900
2	1800
3	1700
4	1600
5	1500
6	1400
7	1300
8	1200
9	1100
10	1000
11	900
12	800
13	700
14	600
15	500
16	400
17	300
18	200
19	100
20	0
21	-100
22	-200

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Observamos que la tasa de entradas del almacén es menor a la tasa de salidas lo que quiere decir que se tienen más salidas que entradas. Y en la semana 20 el nivel de inventario será 0.

EJERCICIO 07

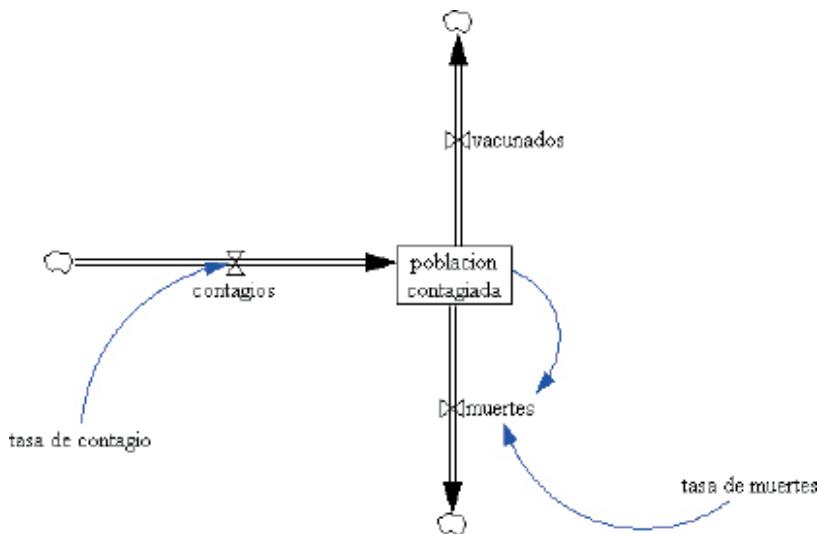
VIRUS

En una población, un virus denominado “ébola” contagia entre 10 y 14 personas por hora. Hoy las autoridades sanitarias están alarmadas de que cada 60 minutos mueren entre el 10% y el 12% de las personas contagiadas. Han desarrollado una vacuna que es capaz de sanar alrededor de 5 personas por hora. Utilizar dinámica de sistemas para saber cuántas horas se necesitan para curar toda una población.

Solución:

Realizamos el Diagrama Forrester con los datos propuestos en el ejercicio.

Figura 50: Diagrama Forrester ejercicio07



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se construye el diagrama de Forrester a partir del diagrama causal, luego se ingresan los valores y fórmulas a cada variable.

Figura 51: Fórmulas ejercicio07

Document All

(01) contagios= INTEG (
 tasa de contagio,
 10)
 Units: **undefined**

(02) FINAL TIME = 20
 Units: Hour
 The final time for the simulation.

(03) INITIAL TIME = 0
 Units: Hour
 The initial time for the simulation.

(04) muertes= INTEG (
 INTEGER(poblacion contagiada*tasa de muertes),
 0)
 Units: **undefined**

(05) poblacion contagiada= INTEG (
 contagios-muertes-vacunados,
 0)
 Units: hora

(06) SAVEPER =
 TIME STEP
 Units: Hour [0,?]
 The frequency with which output is stored.

(07) tasa de contagio=
 12
 Units: **undefined** [10,14]

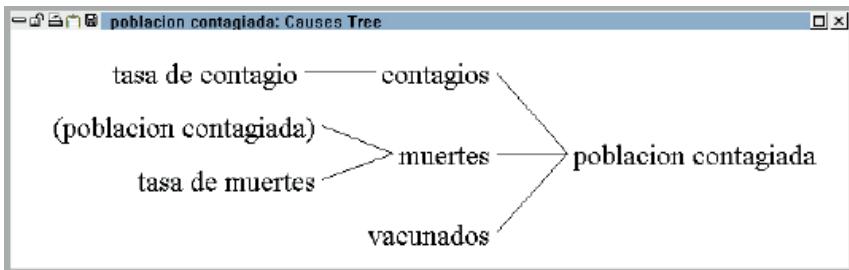
(08) tasa de muertes=
 0.11
 Units: **undefined** [0.1,0.12]

(09) TIME STEP = 1
 Units: Hour [0,?]
 The time step for the simulation.

(10) vacunados= INTEG (
 5,
 5)
 Units: **undefined**

Interpretación: Se usaron las siguientes fórmulas mostradas en la documentación del ejercicio en Vensim.

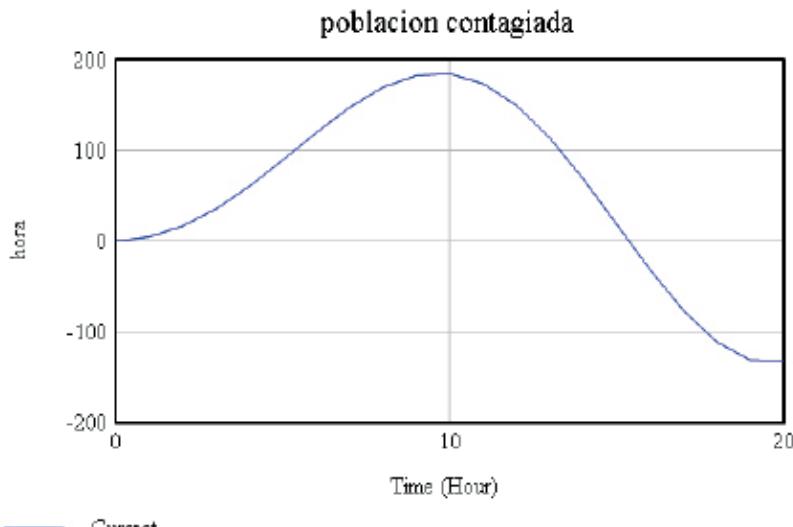
Figura 52: Árbol de causas ejercicio07



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La población contagiada está influenciada por las variables contagios, muertes y vacunados.

Figura 53: Gráfica población contagiada ejercicio07



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La gráfica de la población contagiada muestra que el punto más alto de contagiados es en la hora 10, y para la hora 16 se tendrá 0 contagios.

Figura 54: ¿Cuántas horas se necesitan para curar toda una población? ejercicio07

Time (Hour)	“poblacion contagiada”	poblacion contagiada
0	contagiada”	0
1	Final:	5
2	Current:	17
3		36
4		61
5		90
6		120
7		148
8		170
9		183
10		185
11		134
12		150
13		114
14		69
15		19
16		-31

Fuente: Elaboración propia

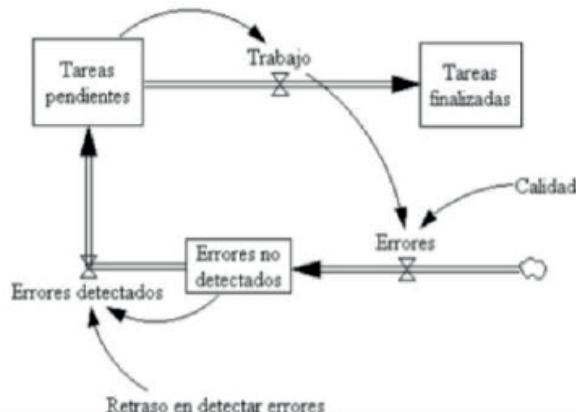
Interpretación: Se necesita 16 horas para curar toda una población tal y como se muestra en la tabla.

EJERCICIO 08

INCLUIR ERRORES

En todo proyecto se producen errores, trabajos que hay que volver a hacer, y estos deben ser incluidos en el modelo.

Figura 55: Modelo ejercicio08



VENSIM

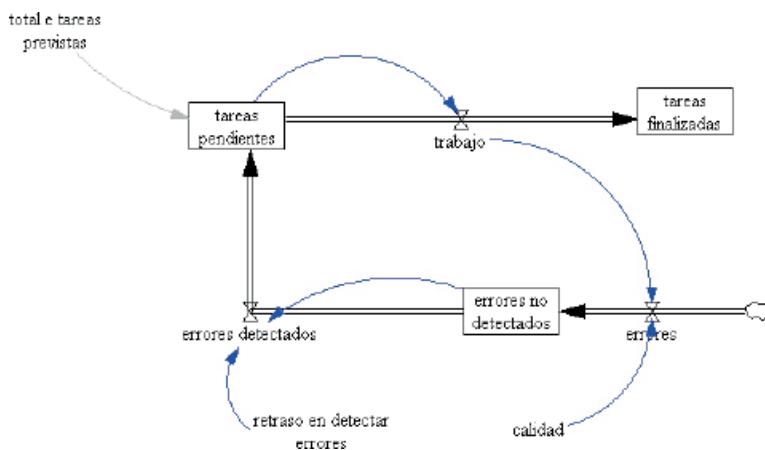
Figura 56: Especificaciones ejercicio08

- (01) **Calidad= 0.9**
Calidad de los trabajos dados como finalizados
- (02) **Errores= Trabajo*(1-Calidad)**
Units: tareas/mes
Los errores serán función de la cantidad de trabajo hecho por el porcentaje de trabajo que no cumple las Normas.
- (03) **Errores detectados= Errores no detectados/Retraso en detectar errores**
Units: tareas/mes
Tomaremos una fracción constante de los errores pendientes de detectar.
- (04) **Errores no detectados= Errores-Errores detectados**
Initial value: 0
Units: tareas
- (05) **FINAL TIME = 24**
- (06) **INITIAL TIME = 0**
- (07) **Retraso en detectar errores= 3**
Units: mes
- (08) **Tareas finalizadas= Trabajo**
Initial value: 0
Units: tareas
- (09) **Tareas pendientes= -Trabajo+Errores detectados**
Initial value: Total de tareas previstas
Units: tareas
- (10) **TIME STEP = 0.0625**
- (11) **Total de tareas previstas= 1000**
Units: tareas
Total de tareas previstas para el proyecto. Las vamos a considerar todas iguales.
- (13) **Trabajo=MIN(100,Tareas pendientes)**
- Units: tareas/mes
Como máximo se hacen 100 tareas al mes

Solución:

Realizamos el Diagrama Forrester con los datos propuestos en el ejercicio.

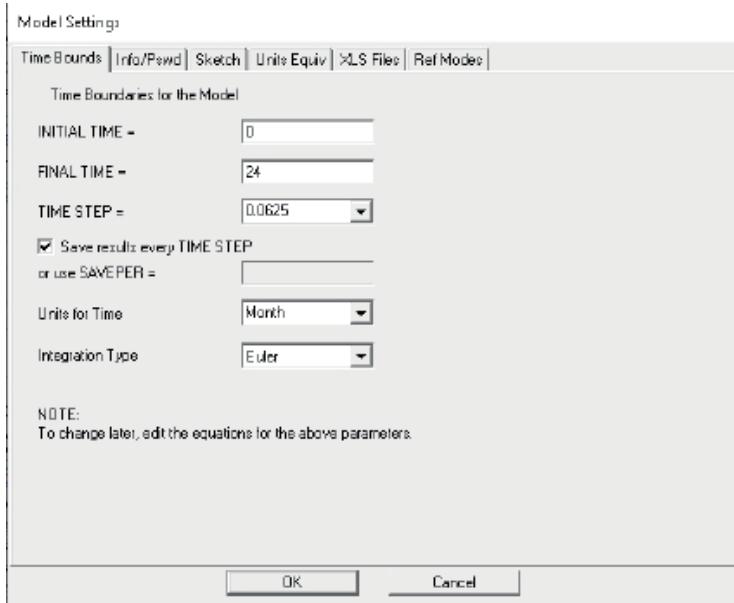
Figura 57: Diagrama Forrester ejercicio08



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se construye el diagrama de Forrester a partir del diagrama causal, luego se ingresan los valores y fórmulas a cada variable.

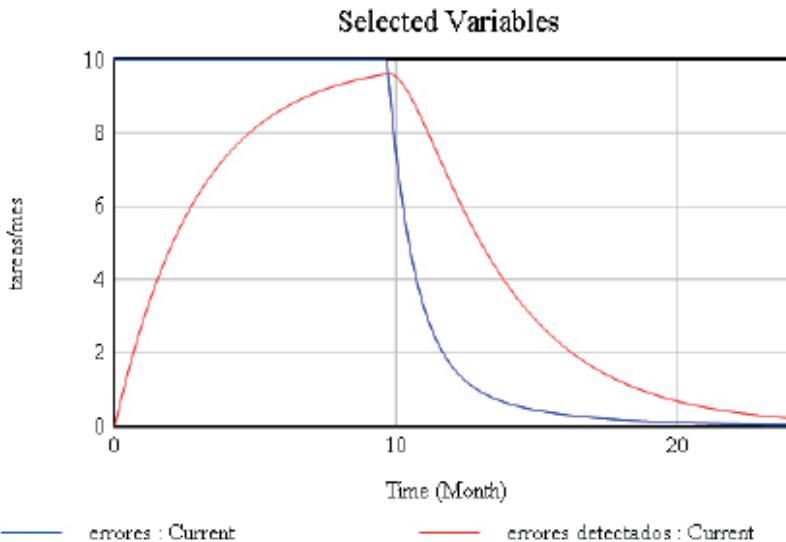
Figura 58: Configuración del modelo ejercicio08



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se configura el modelo de acuerdo con las especificaciones dadas en el planteamiento del ejercicio.

Figura 59: Gráfica variables modelo ejercicio08



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se ve la evolución de las variables "errores" y "errores detectados". Podemos apreciar que ahora hay un incremento de las tareas ya que al haber errores se deben repetir aquellas tareas que se hicieron mal o con errores.

EJERCICIO 09

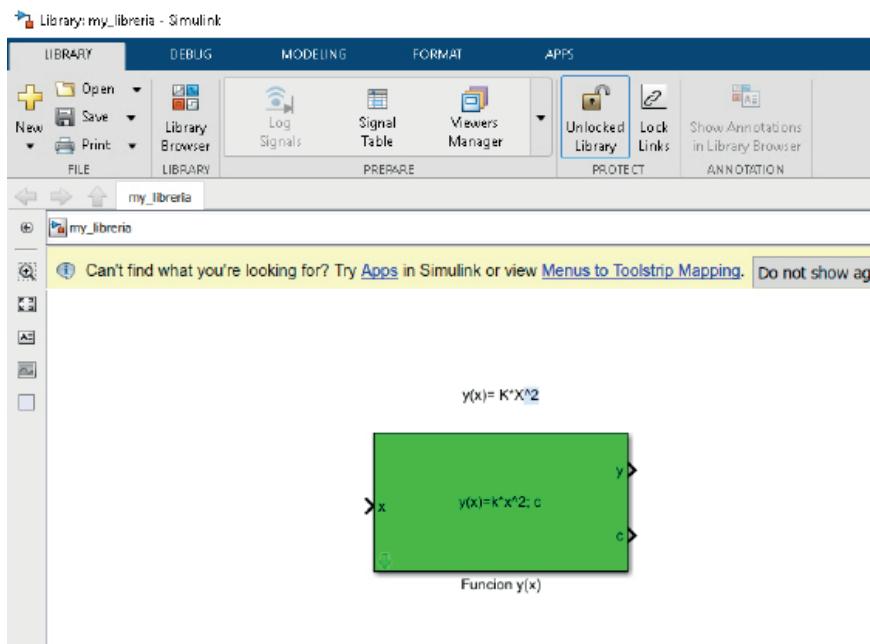
ADICIONANDO AL LIBRARY BROWSER

Seguimos adelante después de haber establecido nuestra biblioteca en el laboratorio anterior. En este laboratorio, se incorporará la librería "Browser".

Solución:

Vamos a abrir el archivo "my_libreria.slx" y luego desbloquearlo para poder editar la máscara.

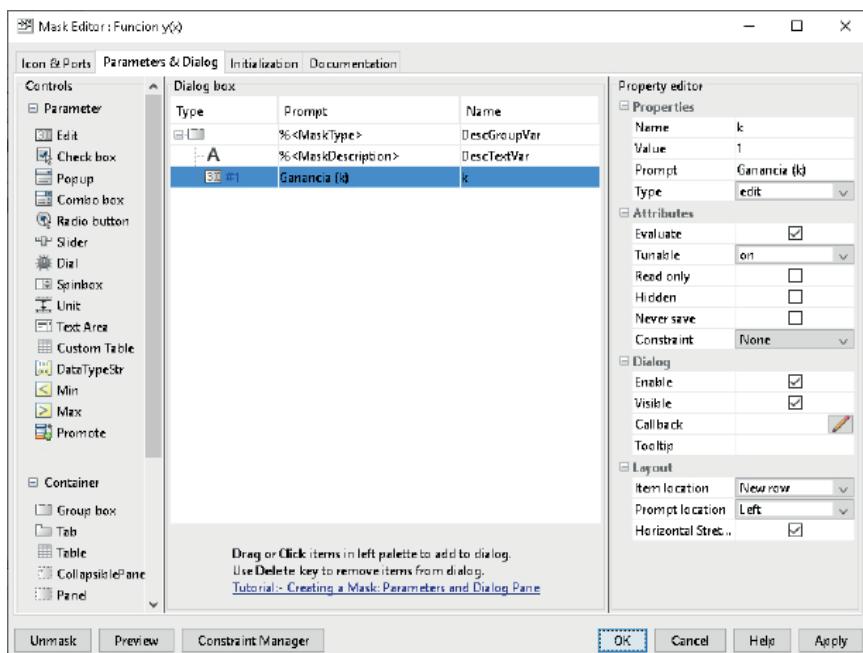
Figura 60: Librería propia en Simulink ejercicio09



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se abre la librería previamente creada en el laboratorio 25 y desbloqueamos para poder editar la máscara.

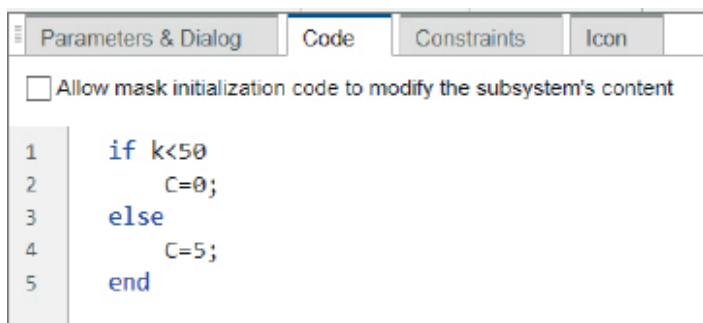
Figura 61: Parámetros de propia librería en Simulink ejercicio09



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Procedemos con la eliminación del parámetro de “constante”, solo se deja la “ganancia”.

Figura 62: Codificación ejercicio09



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se cambió la codificación de inicialización para la variable ganancia (k) de acuerdo al planteamiento del ejercicio.

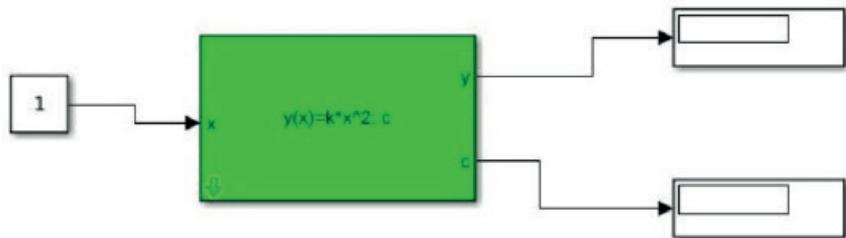
Figura 63: Dial ejercicio09



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se configuró el tipo en la sección “editor de propiedades” cambiando el tipo de la variable ganancia a “dial” y grabamos nuestra librería.

Figura 64: Nueva librería ejercicio09



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Adicionamos nuevos bloques a nuestra librería creada y grabamos, luego actualizamos y tendremos este resultado. Creamos otro modelo y agregamos a nuestra librería

SIMULADOR DINÁMICO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO VS CORRECTIVO EN MATLAB

En el ámbito de la Ingeniería Industrial, la gestión eficiente del mantenimiento es un factor crítico para asegurar la continuidad operativa de los procesos productivos, reducir costos inesperados y aumentar la disponibilidad de los equipos. Este informe detalla el diseño y funcionamiento de un simulador desarrollado en MATLAB, que permite comparar dos estrategias de mantenimiento: correctivo y preventivo, en un entorno controlado, visual e interactivo.

OBJETIVO DEL SISTEMA

Desarrollar un simulador dinámico que permita analizar, mediante gráficas y estadísticas, el impacto del mantenimiento preventivo y correctivo sobre:

- ✓ La disponibilidad del sistema.
- ✓ El costo acumulado de mantenimiento.
- ✓ La cantidad de fallas durante un periodo simulado

DATOS DE ENTRADA (FORMULARIO INTERACTIVO)

El sistema incluye un formulario gráfico que permite al usuario modificar fácilmente los parámetros clave del modelo. A continuación, se detallan los campos disponibles:

CAMPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO	IMPACTO EN EL MODELO
Tiempo de simulación (días)	Duración total de la simulación.	100 días	Determina la duración del análisis.
MTBF (horas)	Tiempo medio entre fallas.	100 h	A mayor MTBF, menos fallas ocurren.
MTTR (horas)	Tiempo medio de reparación.	5 h	Afecta la duración de cada parada.
Costo mantenimiento preventivo (S.)	Costo por cada acción preventiva.	S/ 200	Se suma regularmente si se programa.
Costo mantenimiento correctivo (S.)	Costo por falla inesperada.	S/ 1500	Aumenta rápidamente el costo acumulado.
Frecuencia preventiva (horas)	Intervalo entre mantenimientos preventivos.	80 h	Influye en cuántas fallas se previenen.

INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz fue desarrollada teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ Un título principal centrado.
- ✓ Un formulario visual en el lado izquierdo.
- ✓ Botones funcionales para simular cada estrategia y limpiar los resultados.
- ✓ Gráficos dinámicos al centro y derecha para interpretar los resultados.
- ✓ Un resumen estadístico numérico.

VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS GRÁFICO DE DISPONIBILIDAD (%)

- ✓ Qué representa: Si el equipo está activo (100%) o parado (0%).
- ✓ Cómo interpretarlo:
 - █ Curvas continuas en 100%: buena disponibilidad.
 - █ Bajadas a 0%: fallas o mantenimiento.
- ✓ Qué observar:
 - █ Oscilaciones frecuentes = mal mantenimiento.
 - █ Línea estable en 100% = buena estrategia.

GRÁFICO DE COSTO ACUMULADO (S/.)

- ✓ Qué representa: Suma total de costos (preventivo + correctivo).
- ✓ Cómo interpretarlo:
 - █ Subida suave = mantenimientos preventivos regulares.
 - █ Saltos bruscos= aparición de fallas (costo correctivo).
- ✓ Qué observar:
 - █ Pendiente alta = muchos costos correctivos.
 - █ Pendiente baja = mantenimiento económico y eficiente.

GRÁFICOS DE BARRAS COMPARATIVOS

Incluidos para una comparación visual clara:

- █ Disponibilidad promedio por estrategia.
- █ Costo total acumulado por estrategia.

Permiten evaluar rápidamente cuál estrategia es más eficiente.

EJEMPLO DE SIMULACIÓN

Parámetros de entrada:

- MTBF: 100 h
- MTTR: 5 h
- Costo preventivo: S/ 200
- Costo correctivo: S/ 1500
- Frecuencia preventiva: 80 h

RESULTADO ESPERADO:

Gráfico	Observación
Disponibilidad	Se mantiene cerca del 100%, con pocas caídas.
Costo acumulado	Crecimiento suave y progresivo (S/ 200 cada 80 h).
Fallas	Mínimas o inexistentes.

¿QUÉ PASA SI NO SE HACE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

Si se simula solo la estrategia correctiva o se aumenta la frecuencia preventiva a más de 100 h, se observará:

- Mayor número de fallas.
- Costos acumulados más altos.
- Disponibilidad interrumpida frecuentemente.

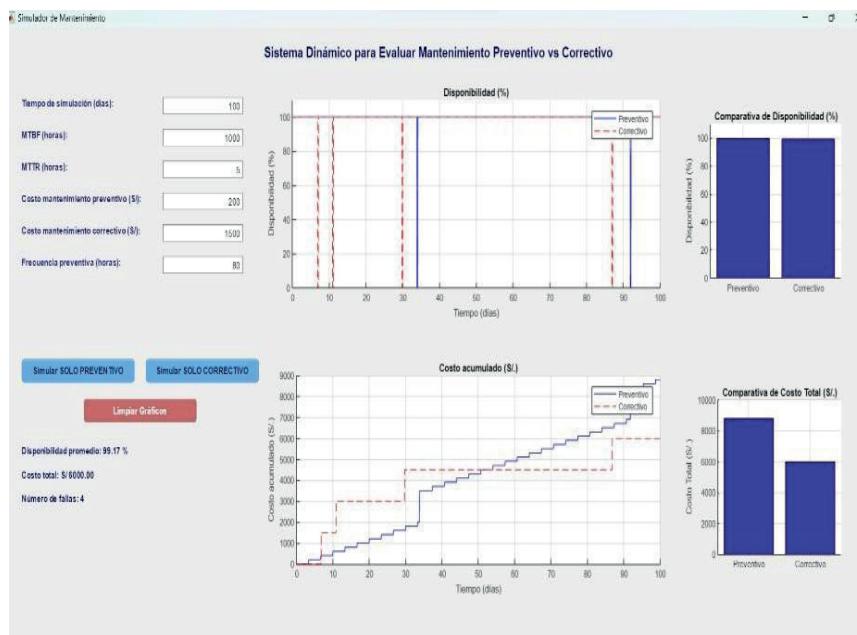
APLICACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Este simulador es una herramienta útil para:

- Tomar decisiones de mantenimiento basado en datos.
- Reducir paradas no planificadas.
- Optimizar recursos económicos y técnicos.
- Simular escenarios de mejora continua.

Este modelo dinámico ofrece una visualización clara y comparativa, útil para el diseño de políticas de mantenimiento eficientes en cualquier empresa industrial.

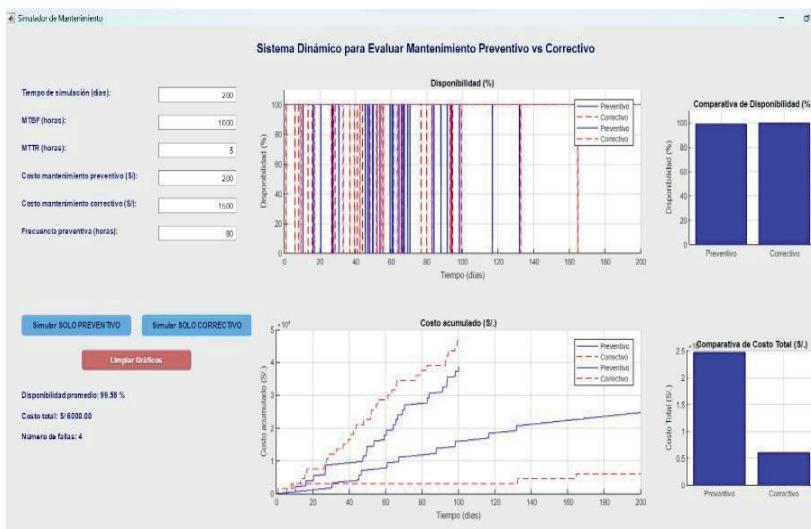
FIGURA 65 El sistema en ejecución.



El gráfico muestra una comparación entre el mantenimiento preventivo y correctivo en un sistema simulado durante 100 días. El mantenimiento preventivo logra una alta disponibilidad del sistema (99.17%) con un menor número de fallas (4), y mantiene los costos totales controlados alrededor de S/. 6000.00. En contraste, el mantenimiento correctivo presenta una disponibilidad mucho más baja (60%), un mayor número de fallas y costos acumulados más elevados, que pueden superar los S/. 9000.00.

Esto indica que, aunque el mantenimiento preventivo implica un gasto inicial, reduce significativamente las interrupciones y los costos derivados de reparaciones correctivas mayores. Por tanto, para mantener la operatividad y optimizar costos a largo plazo, el mantenimiento preventivo es la estrategia más eficiente según la simulación presentada.

FIGURA 66 Comparación de múltiples escenarios.



El gráfico presenta una comparación clara entre la disponibilidad del sistema y los costos acumulados bajo dos estrategias de mantenimiento: preventivo y correctivo, durante un horizonte de simulación de 200 días. En la parte superior, la disponibilidad del sistema varía a lo largo del tiempo, mostrando que el mantenimiento preventivo mantiene la disponibilidad en niveles muy altos (cerca de 100%) mientras que el mantenimiento correctivo presenta una disponibilidad mucho más baja y fluctuante, alrededor de un 40% a 60%. Este comportamiento refleja que el mantenimiento preventivo ayuda a minimizar fallas y maximizar el tiempo operativo del sistema.

En la sección inferior, se observa el costo acumulado para cada tipo de mantenimiento. El costo total del mantenimiento preventivo es considerablemente más bajo y con una curva acumulativa más estable en comparación con el mantenimiento correctivo, que, aunque tiene costos iniciales más bajos, se incrementan rápidamente debido a fallas inesperadas y reparaciones costosas. El mantenimiento correctivo muestra un costo total acumulado mucho mayor (S/. 6,000.00) y número de fallas superior, lo que evidencia el impacto económico de no realizar acciones preventivas oportunas.

En resumen, el gráfico evidencia que el mantenimiento preventivo no solo mejora significativamente la disponibilidad del sistema, acercándola al 100%, sino que también reduce considerablemente los costos totales y el número de fallas. Por el contrario, el mantenimiento correctivo, aunque puede parecer menos costoso a corto plazo, resulta en mayor desgaste del sistema, menor disponibilidad y costos totales más elevados a largo plazo. Este análisis apoya la importancia de implementar mantenimientos preventivos para optimizar la operación y costos del sistema.

Código ver anexo1.

SISTEMA INTERACTIVO DE AUTOEVALUACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA CADENA DE VALOR EN MATLAB

Se describe el diseño, implementación y funcionamiento de un sistema gráfico desarrollado en MATLAB, orientado a la autoevaluación estructurada de las actividades primarias y de apoyo dentro de la Cadena de Valor de una organización, según el modelo de Michael Porter.

Este sistema permite que un usuario responda preguntas específicas para cada actividad clave y, posteriormente, genere un dashboard gráfico interactivo que resuma visualmente el cumplimiento de prácticas esenciales. Es una herramienta útil para ingenieros industriales, consultores de mejora continua y responsables de calidad.

OBJETIVO DEL SISTEMA

El sistema tiene como finalidad:

- █ Facilitar la identificación de fortalezas y debilidades en cada área funcional de la empresa.
- █ Servir como herramienta de diagnóstico organizacional visual e interactiva.
- █ Apoyar procesos de auditoría, mejora continua o implementación de normas ISO (9001, 14001, etc.).
- █ Estimular la reflexión crítica sobre el cumplimiento de prácticas clave en la gestión operativa.

DATOS DE ENTRADA (FORMULARIO INTERACTIVO)

El sistema presenta botones separados por bloques para las actividades primarias y de apoyo. Cada botón despliega una ventana emergente con 5 preguntas cerradas (SÍ/NO).

ACTIVIDADES PRIMARIAS:

Actividad	Ejemplos de preguntas
Logística Interna	¿Se inspecciona la calidad al recibir materiales?
Operaciones	¿Se aplican técnicas como 5S o Kaizen?
Logística Externa	¿Se monitorean tiempos de entrega?
Marketing y Ventas	¿Se hace seguimiento postventa?
Servicios	¿Se mide la satisfacción del cliente?

ACTIVIDADES DE APOYO:

Actividad	Ejemplos de preguntas
Infraestructura	¿Se usan herramientas ERP o BI?
Gestión de RRHH	¿Existen programas de capacitación?
Desarrollo Tecnológico	¿Se promueve la innovación?
Abastecimiento	¿Se evalúan periódicamente a los proveedores?

Cada pregunta está diseñada para ser marcada con un radio button tipo "SÍ" o "NO", y debe ser completada antes de guardar.

INTERFAZ DE USUARIO

- ✓ Distribución visual clara: izquierda (actividades primarias), derecha (actividades de apoyo).
- ✓ Ventanas emergentes: cada actividad abre un formulario con sus preguntas.
- ✓ Botón "Guardar": almacena las respuestas de manera estructurada por actividad.
- ✓ Botón central "Generar Dashboard": permite visualizar de forma gráfica el cumplimiento por actividad.

VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS (DASHBOARD)

¿Qué muestra el Dashboard?

Un gráfico por cada una de las 9 actividades, con el número de respuestas Sí y NO.

TIPOS DE GRÁFICOS UTILIZADOS:

Posición	Actividad	Tipo de gráfico
1	Logística Interna	Barras verticales
2	Operaciones	Gráfico de torta
3	Logística Externa	Área
4	Marketing y Ventas	Histograma
5	Servicios	Gráfico de torta
6	Infraestructura	Barras horizontales
7	Gestión de RRHH	Escalones
8	Desarrollo Tecnológico	Dispersión
9	Abastecimiento	Gráfico de torta

¿Qué se interpreta?

- ✓ Altos valores de “SÍ”: indican cumplimiento de buenas prácticas.
- ✓ Altos valores de “NO”: evidencian áreas a mejorar.
- ✓ Diversidad de visualizaciones: facilita la lectura para diferentes públicos (técnico, gerencial).

EJEMPLO DE FLUJO DE EVALUACIÓN

- | Se presiona el botón “Logística Interna”.
- | Se responden 5 preguntas con SÍ/NO.
- | Se presiona Guardar y se cierra la ventana.
- | Se repite para las demás actividades.
- | Al final, se presiona “Generar Dashboard”.
- | Se abre una ventana con gráficos para cada actividad.

¿CÓMO TE AYUDA COMO INGENIERO INDUSTRIAL?

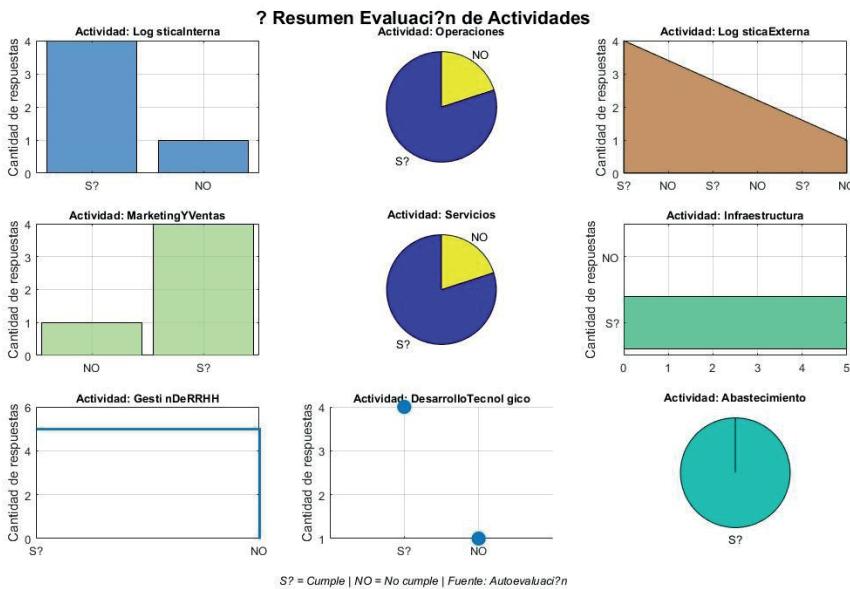
- | Evalúas procesos clave organizacionales de forma rápida.
- | Visualizas datos que permiten crear planes de acción enfocados.
- | Usas esta herramienta como parte de auditorías, implementación de ISO o evaluación de procesos.
- | Puedes adaptar y ampliar fácilmente la herramienta para más preguntas o criterios.

El sistema implementado en MATLAB permite una autoevaluación estructurada, rápida y visual.

La flexibilidad del código permite que cada actividad tenga su propio conjunto de preguntas personalizadas.

El dashboard gráfico brinda una herramienta poderosa para análisis organizacional. Ideal para usar como parte de procesos de mejora continua, consultorías o prácticas docentes.

FIGURA 67 Dashboard



El gráfico proporcionado muestra la cantidad de respuestas relacionadas con el cumplimiento de actividades en diferentes áreas de una empresa, evaluadas mediante una autoevaluación.

Interpretación detallada:

- Las actividades consideradas incluyen: Logística Interna, Operaciones, Marketing y Ventas, Servicios, Gestión de Recursos Humanos (RRHH), Desarrollo Tecnológico, Logística Externa, Infraestructura y Abastecimiento.
- Para cada actividad, se indica el número de respuestas que cumplen ("Sí") y no cumplen ("NO") con ciertos criterios o estándares.
- Por ejemplo, en Logística Interna hay respuestas categorizadas con valores 4, 3 y 2, mostrando cuántas cumplen o no cumplen.
- Las barras o números representan la cantidad de respuestas para cada estado (Sí o NO).
- El propósito es identificar qué áreas cumplen adecuadamente y en cuáles existe una brecha que debe atenderse.

En resumen, el gráfico muestra un panorama de cumplimiento en varias funciones empresariales para orientar mejoras, con base en una autoevaluación interna.



CONCLUSIONES

Podemos observar la importancia de utilizar programas como Vensim para comprender la dinámica de los sistemas y la retroalimentación que estos pueden tener.

Mediante la realización de ejercicios, se fortaleció la comprensión de los sistemas simples con lazos de retroalimentación negativa.

Como resultado, podemos concluir que, en este tipo de bucle de retroalimentación negativa, se trata de tomar acciones para modificar el comportamiento y lograr un objetivo específico.

Esta metodología nos permite encontrar una solución óptima para un problema determinado al modificar los datos y tomar decisiones basadas en la información obtenida, lo que nos lleva a obtener un resultado óptimo.

REFERENCIAS

Gus. (2020, agosto 5). Diagramas de flujo, stock y bucles causales: ¿cómo construirlos? Atlas Consultora. <https://www.atlasconsultora.com/diagramas-flujo-stock- bucles-causales/>

Tipos de simulaciones. (s/f). Labsag.co.uk. Recuperado el 26 de mayo de 2023, de <https://labsag.co.uk/blog/index.php/2021/08/16/tipos-de-simulaciones/>

UMNG - Facultad de estudios a distancia. (s/f). Edu.co. Recuperado el 19 de mayo de 2023, de http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_informatica/simulacion/unidad_4/medios/documentacion/p5h1.php

Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. (2005). Discrete-event system simulation. Pearson Education.

Sterman, J. D. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill Education.

Bertalanffy, L. von. (1968). General System Theory: Foundations, Development, Applications. George Braziller.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.

Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. Pearson Educación.

Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin/McGraw-Hill.

Meadows, D. H. (2008). Thinking in Systems: A Primer. Chelsea Green Publishing.

Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms. MIT Press.

Ventana Systems, Inc. (s.f.). Vensim. Recuperado de <https://vensim.com/>

Vensim PLE free download. (2018, diciembre 5). Get Into PC; GetintoPC Inc. <https://getintopc.com/softwares/simulators/vensim-ple-free-download/>

ANEXOS

Anexo1:

```
mantenimiento_GUI.m
```

```
1  % Function mantenimiento_GUI_()
2  % Crear ventana principal
3  fig = uifigure('Name', 'Simulador de Mantenimiento', ...
4  'Position', [100 100 1200 700]);
5
6  % ----- TITULO SUPERIOR -----
7  mainTitle = uilabel(fig, ...
8  'Text', 'Sistema Dinámico para Evaluar Mantenimiento Preventivo vs Correctivo', ...
9  'FontSize', 10, ...
10 'FontWeight', 'bold', ...
11 'FontColor', [0 0 0.4], ...
12 'HorizontalAlignment', 'center', ...
13 'Position', [0 650 1200 30]);
14
15 % ----- VARIABLES PARA COMPARACION -----
16 resultados = struct('preventivo', struct('disp', NaN, 'costo', NaN), ...
17 'correctivo', struct('disp', NaN, 'costo', NaN));
18
19 % ----- FORMULARIO -----
20 startY = 590; stepY = 40;
21 labelColor = [0.1 0.1 0.5];
22
23 uilabel(fig, 'Text', 'Tiempo de simulación (días):', 'FontWeight', 'bold', 'FontColor', labelColor, ...
24 'Position', [30 startY 250 22]);
25 tiempo5m = uieditfield(fig, 'numeric', 'Position', [280 startY 100 22], 'Value', 100);
26
27 uilabel(fig, 'Text', 'MTBF (horas):', 'FontWeight', 'bold', 'FontColor', labelColor, ...
28 'Position', [30 startY - stepY 250 22]);
29 mtbfField = uieditfield(fig, 'numeric', 'Position', [280 startY - stepY 100 22], 'Value', 100);
30
31 uilabel(fig, 'Text', 'MTTR (horas):', 'FontWeight', 'bold', 'FontColor', labelColor, ...
32 'Position', [30 startY - 2*stepY 250 22]);
33 mttrField = uieditfield(fig, 'numeric', 'Position', [280 startY - 2*stepY 100 22], 'Value', 5);
34
35 uilabel(fig, 'Text', 'Costo mantenimiento preventivo (S/):', 'FontWeight', 'bold', 'FontColor', labelColor, ...
36 'Position', [30 startY - 3*stepY 250 22]);
37 cPrev = uieditfield(fig, 'numeric', 'Position', [280 startY - 3*stepY 100 22], 'Value', 200);
38
39 uilabel(fig, 'Text', 'Costo mantenimiento correctivo (S/):', 'FontWeight', 'bold', 'FontColor', labelColor, ...
40 'Position', [30 startY - 4*stepY 250 22]);
41 cCorr = uieditfield(fig, 'numeric', 'Position', [280 startY - 4*stepY 100 22], 'Value', 1500);
42
43 uilabel(fig, 'Text', 'Frecuencia preventiva (horas):', 'FontWeight', 'bold', 'FontColor', labelColor, ...
44 'Position', [30 startY - 5*stepY 250 22]);
45 freqPrev = uieditfield(fig, 'numeric', 'Position', [280 startY - 5*stepY 100 22], 'Value', 80);
46
47 % ----- BOTONES -----
48 btnColor = [0.4 0.7 1];
49
50 uibutton(fig, 'Text', 'Simular SOLO PREVENTIVO', ...
51 'Position', [30 300 200 30], ...
52 'FontWeight', 'bold', ...
53 'BackgroundColor', btnColor, ...
54 'ButtonPushedFcn', @(btn, event) simular('preventivo'));
55
56 uibutton(fig, 'Text', 'Simular SOLO CORRECTIVO', ...
57 'Position', [250 300 200 30], ...
58 'FontWeight', 'bold', ...
59 'BackgroundColor', btnColor, ...
60 'ButtonPushedFcn', @(btn, event) simular('correctivo'));
```

```

61
62 -         uibutton(fig, 'Text', 'Limpiar Graficos', ...
63 -             'Position', [140 250 200 30], ...
64 -             'FontWeight', 'bold', ...
65 -             'BackgroundColor', [0.8 0.4 0.4], ...
66 -             'FontColor', [1 1 1], ...
67 -             'ButtonPushedFcn', @(btn, event) limpiarGraficos());
68
69 % ----- GRFICAS -----
70 - ax1 = uiaxes(fig, 'Position', [420 380 500 250], 'Color', [1 1 1]);
71 - ax1.Title.String = 'Disponibilidad (%)';
72 - ax1.Title.FontWeight = 'bold';
73
74 - ax2 = uiaxes(fig, 'Position', [420 80 500 250], 'Color', [1 1 1]);
75 - ax2.Title.String = 'Costo acumulado (S/.)';
76 - ax2.Title.FontWeight = 'bold';
77
78 % BARRAS COMPARATIVAS
79 - axBar1 = uiaxes(fig, 'Position', [950 410 200 190], 'Color', [1 1 1]);
80 - axBar1.Title.String = 'Comparativa de Disponibilidad (%)';
81 - axBar1.Title.FontWeight = 'bold';
82
83 - axBar2 = uiaxes(fig, 'Position', [950 110 200 190], 'Color', [1 1 1]);
84 - axBar2.Title.String = 'Comparativa de Costo Total (S/.)';
85 - axBar2.Title.FontWeight = 'bold';
86
87 % ----- FUNCION DE SIMULACION -----
88 function simular(tipo)
89     t_dias = tiempoSim.Value;
90     mtbf = mtbfField.Value;
91     mttr = mttrField.Value;
92     costoPrev = cPrev.Value;
93     costoCorr = cCorr.Value;
94     freq = freqPrev.Value;
95
96     t_total_horas = t_dias * 24;
97     paso = 1;
98     tiempo = 0:paso:t_total_horas;
99     disponibilidad = zeros(size(tiempo));
100    costAcumulado = zeros(size(tiempo));
101    estado = 'operativo';
102    tiempoDesdeUltPrev = 0;
103    tiempoFallo = exprnd(mtbf);
104    tiempoReparando = 0;
105    costo = 0;
106    numFallas = 0;
107
108    for i = 1:length(tiempo)
109        if strcmp(estado, 'operativo')
110            disponibilidad(i) = 1;
111            tiempoDesdeUltPrev = tiempoDesdeUltPrev + paso;
112
113            if strcmp(tipo, 'preventivo') && tiempoDesdeUltPrev >= freq
114                costo = costo + costoPrev;
115                tiempoDesdeUltPrev = 0;
116                tiempoFallo = exprnd(mtbf);
117            end
118        end
119    end
120
121    if strcmp(tipo, 'preventivo') && tiempoDesdeUltPrev >= freq
122        costo = costo + costoPrev;
123        tiempoDesdeUltPrev = 0;
124        tiempoFallo = exprnd(mtbf);
125    end

```

```

126
127 -           if tiempoDesdeUltPrev >= tiempoFallo
128 -               estado = 'reparando';
129 -               tiempoReparando = mttr;
130 -               costo = costo + costoCorr;
131 -               numFallas = numFallas + 1;
132 -           end
133 -       else
134 -           disponibilidad(i) = 0;
135 -           tiempoReparando = tiempoReparando - paso;
136 -
137 -           if tiempoReparando <= 0
138 -               estado = 'operativo';
139 -               tiempoDesdeUltPrev = 0;
140 -               tiempoFallo = exprnd(mtbf);
141 -           end
142 -       end
143 -       costoAcumulado(i) = costo;
144 -   end
145 -
146 - % Graficar curvas
147 - if strcmp(tipo, 'preventivo')
148 -     plot(ax1, tiempo / 24, disponibilidad * 100, 'b', 'DisplayName', 'Preventivo');
149 -     plot(ax2, tiempo / 24, costoAcumulado, 'b', 'DisplayName', 'Preventivo');
150 - else
151 -     plot(ax1, tiempo / 24, disponibilidad * 100, 'r--', 'DisplayName', 'Correctivo');
152 -     plot(ax2, tiempo / 24, costoAcumulado, 'r--', 'DisplayName', 'Correctivo');
153 - end
154 -
155 - hold(ax1, 'on'); xlabel(ax1, 'Tiempo (días)'); ylabel(ax1, 'Disponibilidad (%)');
156 - legend(ax1, 'show'); ylim(ax1, [0 110]); grid(ax1, 'on');
157 -
158 - hold(ax2, 'on'); xlabel(ax2, 'Tiempo (días)'); ylabel(ax2, 'Costo acumulado (S.)');
159 - legend(ax2, 'show'); grid(ax2, 'on');
160 -
161 - % Calcular y mostrar resumen
162 - dispProm = round(mean(disponibilidad) * 100, 2);
163 - costoFinal = costoAcumulado(end);
164 -
165 - resumenLabel1.Text = sprintf('Disponibilidad promedio: %.2f %%', dispProm);
166 - resumenLabel2.Text = sprintf('Costo total: S/ %.2f', costoFinal);
167 - resumenLabel3.Text = sprintf('Número de fallas: %d', numFallas);
168 -
169 - % Guardar resultados para comparativa
170 - resultados.(tipo).disp = dispProm;
171 - resultados.(tipo).costo = costoFinal;
172 -
173 - % Mostrar gráficas de barra comparativas
174 - cla(axBar1); cla(axBar2);
175 - bar(axBar1, [1 2], [resultados.preventivo.disp, resultados.correctivo.disp], ...
176 -     'FaceColor', 'flat');
177 - axBar1.XTickLabel = {'Preventivo', 'Correctivo'};
178 - axBar1.YLabel.String = 'Disponibilidad (%)';
179 - ylim(axBar1, [0 110]);
180 -
181 - bar(axBar2, [1 2], [resultados.preventivo.costo, resultados.correctivo.costo], ...
182 -     'FaceColor', 'flat');
183 - axBar2.XTickLabel = {'Preventivo', 'Correctivo'};
184 - axBar2.YLabel.String = 'Costo Total (S.)';
185 - grid(axBar1, 'on'); grid(axBar2, 'on');
186 - end

```

```

187 %
188 % ----- FUNCION DE LIMPIEZA -----
189 function limpiarGraficos()
190     cla(ax1); cla(ax2); cla(axBar1); cla(axBar2);
191     legend(ax1, 'off'); legend(ax2, 'off');
192     resumenLabel1.Text = 'Disponibilidad promedio: ';
193     resumenLabel12.Text = 'Costo total: ';
194     resumenLabel13.Text = 'Número de fallas: ';
195     resultados.preventivo.disp = NaN;
196     resultados.preventivo.costo = NaN;
197     resultados.correctivo.disp = NaN;
198     resultados.correctivo.costo = NaN;
199 end
200 end

```

Anexo2:

```

1 mantenimiento_GUI.m × | mantenimiento_GUI_2.m × | + |
2
3 function crearSUILactividades
4 % Variable global para almacenar respuestas
5 global respuestasGuardadas
6 respuestasGuardadas = struct();
7
8 % Crear la figura principal
9 figure('Name','Formulario de Actividades','Position',[200 200 1000 500]);
10
11 % Titulo "ACTIVIDADES PRIMARIAS"
12 uicontrol('Style','text','String','ACTIVIDADES PRIMARIAS',...
13     'FontSize',12,'FontWeight','bold','Position',[50 440 200 30]);
14
15 % Botones Actividades Primarias
16 nombresPrimarias = {'Log?stica Interna','Operaciones','Log?stica Externa','Marketing y Ventas','Servicios'};
17 for i = 1:length(nombresPrimarias)
18     uicontrol('Style','pushbutton','String',nombresPrimarias{i},...
19         'Position',[50 440-50*i 200 40],...
20         'Callback',@(src,event)abrirFormularioPrimarias(nombresPrimarias{i}));
21 end
22
23 % Titulo "ACTIVIDADES DE APOYO"
24 uicontrol('Style','text','String','ACTIVIDADES DE APOYO',...
25     'FontSize',12,'FontWeight','bold','Position',[700 440 200 30]);
26
27 % Botones Actividades de Apoyo
28 nombresApoyo = {'Infraestructura','Gesti?n de RRHH','Desarrollo T?cnologico','Abastecimiento');
29 for i = 1:length(nombresApoyo)
30     uicontrol('Style','pushbutton','String',nombresApoyo{i},...
31         'Position',[700 440-50*i 200 40],...
32         'Callback',@(src,event)abrirFormularioPrimarias(nombresApoyo{i}));
33 end
34
35 % Bot?n GENERAR DASHBOARD
36 uicontrol('Style','pushbutton','String','GENERAR DASHBOARD',...
37     'FontSize',12,'BackgroundColor',[0.6 0.8 1],...
38     'Position',[400 20 200 50],...
39     'Callback',@generarDashboard);
40
41 function abrirFormularioPrimarias(nombreActividad)
42     % Define las preguntas para cada bot?n
43     bancoPreguntas = containers.Map();
44
45     bancoPreguntas('Log?stica Interna') = [
46         '?Existe un sistema de control de inventarios en tiempo real?'
47         '?Se utiliza tecnolog?a para recepci?n (c?digo de barras, RFID)?'
48         '?Las zonas de almacenamiento est?n bien organizadas y se?alizadas?'
49         '?Se realiza inspecci?n de calidad al recibir materiales?'
50         '?Hay protocolos de seguridad en la manipulaci?n de materiales?'
51     ];

```

```

51 -
52 bancoPreguntas('Operaciones') = {
53     '?Los procesos est?n estandarizados y documentados?'
54     '?Se aplican t?cnicas de mejora continua (5S, Kaizen)?'
55     '?Se controla la calidad en cada etapa del proceso?'
56     '?El personal est? capacitado en el uso de maquinaria?'
57     '?Se utilizan indicadores de productividad y eficiencia (OEE, Takt Time)?'
58 };
59
60 bancoPreguntas('Log?stica Externa') = {
61     '?Existe trazabilidad en la entrega de productos?'
62     '?Se planifican rutas de distribuci?n eficientemente?'
63     '?Se monitorean tiempos de entrega y cumplimiento?'
64     '?La empresa trabaja con operadores log?sticos confiables?'
65     '?Hay procedimientos en caso de devoluciones o entregas fallidas?'
66 };
67
68 bancoPreguntas('Marketing y Ventas') = {
69     '?La empresa tiene una estrategia de marketing definida?'
70     '?Se segmenta adecuadamente el mercado objetivo?'
71     '?Se realizan campa?as digitales o f?isicas de promoci?n?'
72     '?Existe personal capacitado en t?cnicas de venta?'
73     '?Se hace seguimiento postventa a los clientes?'
74 };
75
76 bancoPreguntas('Servicios') = {
77     '?Se ofrece garant?a o servicio t?cnico?'
78     '?Se mide la satisfacci?n del cliente?'
79     '?Hay canales efectivos de atenci?n al cliente?'
80     '?El equipo de soporte resuelve incidencias a tiempo?'
81     '?Se utiliza el feedback del cliente para mejorar el producto?'
82 };
83
84 bancoPreguntas('Infraestructura') = {
85     '?Existe una planificaci?n estrat?gica clara?'
86     '?Se realiza control presupuestal peri?dicamente?'
87     '?Se cumple con la normativa legal vigente?'
88     '?Los procesos administrativos est?n digitalizados?'
89     '?Se utilizan herramientas de gesti?n (ERP, BI, etc.)?'
90 };
91
92 bancoPreguntas('Gesti?n de RRHH') = {
93     '?Los puestos est?n definidos con funciones claras?'
94     '?Hay un proceso formal de selecci?n de personal?'
95     '?Se ejecutan programas de capacitaci?n continua?'
96     '?Existe un sistema de evaluaci?n del desempe?o?'
97     '?Se aplican pr?cticas de motivaci?n y retenci?n?'
98 };
99
100 bancoPreguntas('Desarrollo Tecnol?gico') = {
101     '?Se invierte en investigaci?n y desarrollo (I+D)?'
102     '?Los procesos cr?ticos est?n automatizados?'
103     '?Se protege la informaci?n empresarial (seguridad inform?tica)?'
104     '?Se usa tecnolog?a para monitorear procesos (sensores, IoT)?'
105     '?Se promueve la innovaci?n dentro de la organizaci?n?'
106 };
107
108 bancoPreguntas('Abastecimiento') = {
109     '?Hay una evaluaci?n peri?dica de proveedores?'
110     '?Se gestionan contratos y plazos de entrega eficientemente?'
111     '?Se negocian precios basados en an?lisis de costos?'
112     '?Existe diversificaci?n de fuentes de suministro?'
113     '?Los proveedores cumplen con est?ndares de calidad?'
114 };

```

```

115
116     % Validaci?n
117     if ~isKey(bancoPreguntas, nombreActividad)
118         msgbox(['Actividad no reconocida: ' nombreActividad],'Error','error');
119         return;
120     end
121
122     preguntas = bancoPreguntas(nombreActividad);
123
124     % Crear ventana emergente
125     f2 = figure('Name',nombreActividad,'Position',[300 200 600 400]);
126     nPreguntas = length(preguntas);
127     respuestas = gobjects(nPreguntas, 2);
128
129     for i = 1:nPreguntas
130         uicontrol('Style','text','String',preguntas(i),...
131             'HorizontalAlignment','left','Position',[20 400-50*i 400 30]);
132
133         respuestas(i,1) = uicontrol('Style','radiobutton','String','S?',...
134             'Position',[450 400-50*i 50 20],'Tag','SI','UserData',1);
135         respuestas(i,2) = uicontrol('Style','radiobutton','String','NO',...
136             'Position',[510 400-50*i 50 20],'Tag','NO','UserData',1);
137
138         addlistener(respuestas(i,1), 'Value', 'PostSet', @(src,event)toggleRadio(respuestas(i,:)));
139         addlistener(respuestas(i,2), 'Value', 'PostSet', @(src,event)toggleRadio(respuestas(i,:)));
140     end
141
142     uicontrol('Style','pushbutton','String','Guardar','FontWeight','bold',...
143         'Position',[250 20 100 40]...
144         'Callback',@(src,event)guardarRespuestas(respuestas, nombreActividad, f2));
145
146
147
148     function toggleRadio(radioGroup)
149         if get(radioGroup(1),'Value')
150             set(radioGroup(2),'Value',0);
151         elseif get(radioGroup(2),'Value')
152             set(radioGroup(1),'Value',0);
153         end
154     end
155
156
157     function guardarRespuestas(respuestas, actividad, ventana)
158         global respuestasGuardadas
159         n = size(respuestas,1);
160         resultados = cell(n,1);
161
162         for i = 1:n
163             if get(respuestas(i,1),'Value')
164                 resultados(i) = 'S?';
165             elseif get(respuestas(i,2),'Value')
166                 resultados(i) = 'NO';
167             else
168                 msgbox('Debe responder todas las preguntas antes de guardar. ','Advertencia','warn');
169                 return;
170             end
171         end
172
173         % Usar nombre compatible como campo de estructura
174         nombreInterno = matlab.lang.makeValidName(actividad);
175         respuestasGuardadas.(nombreInterno) = resultados;
176
177         h = msgbox(['Respuestas guardadas para "' actividad '"']);
178         uiwait(h);
179         close(ventana);
180     end

```

```

181  function generarDashboard(~,~)
182  %>>> global respuestasGuardadas
183
184  if isempty(fieldnames(respuestasGuardadas))
185  %>>>     msgbox('No hay respuestas suficientes para generar el dashboard.', 'Advertencia', 'warn');
186  %>>>     return;
187  %>>> end
188
189  actividades = fieldnames(respuestasGuardadas);
190  numActividades = length(actividades);
191
192  % Crear ventana unificada
193  f = figure('Name','Resumen Evaluaci?n de Actividades', ...
194  %>>>     'NumberTitle','off', ...
195  %>>>     'Color', [1 1 1], ...
196  %>>>     'Position', [100 100 1200 700]);
197
198  for i = 1:numActividades
199  subplot(3, 3, i); % 3 filas x 3 columnas
200
201  respuestas = respuestasGuardadas.(actividades(i));
202  si = sum(strcmp(respuestas, 'S?'));
203  no = sum(strcmp(respuestas, 'NO'));
204  nombre = strrep(actividades(i), '_', ' ');
205
206  switch i
207  case 1
208  bar([si, no], 'FaceColor', [0.4 0.6 0.8]);
209  set(gca, 'XTickLabel', {'S?', 'NO'});
210  case 2
211  pie([si, no], {'S?', 'NO'});
212  case 3
213  area([si, no], 'FaceColor', [0.6 0.6 0.4]);
214  set(gca, 'XTickLabel', {'S?', 'NO'});
215  case 4
216  histogram(categorical([repelem("S?", si), repelem("NO", no)]), 'FaceColor', [0.6 0.8 0.4]);
217  case 5
218  pie([si, no], {'S?', 'NO'});
219  case 6
220  barh([si, no], 'FaceColor', [0.4 0.6 0.6]);
221  set(gca, 'XTickLabel', {'S?', 'NO'});
222  case 7
223  stairs([si, no], 'LineWidth', 2);
224  set(gca, 'XTick', [1 2], 'XTickLabel', {'S?', 'NO'});
225  case 8
226  scatter([1, 2], [si, no], 150, 'filled');
227  xlim([0 3]);
228  set(gca, 'XTick', [1 2], 'XTickLabel', {'S?', 'NO'});
229  case 9
230  pie([si, no], {'S?', 'NO'});
231  end
232
233  title(['Actividad: ' nombre], 'FontSize', 10, 'FontWeight', 'bold');
234  ylabel('Cantidad de respuestas');
235  grid on;
236
237
238  % T?TULO GLOBAL usando annotation
239  annotation(f, 'textbox', [0.25 0.94 0.5 0.05], ...
240  %>>>     'String', '? Resumen Evaluaci?n de Actividades', ...
241  %>>>     'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold', ...
242  %>>>     'HorizontalAlignment', 'center', ...
243  %>>>     'EdgeColor', 'none');
244
245  % Leyenda general
246  annotation(f, 'textbox', [0.35 0.01 0.3 0.05], ...
247  %>>>     'String', 'S? - Cumple | NO - No cumple | Fuente: Autoevaluaci?n', ...
248  %>>>     'HorizontalAlignment', 'center', ...
249  %>>>     'EdgeColor', 'none', ...
250  %>>>     'FontSize', 10, ...
251  %>>>     'FontAngle', 'italic');
252

```

AUTORES

GUILLERMO AUGUSTO BOCANGEL WEYDERT: Es Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, institución en la que también ejerció el cargo de Rector (2013-2015) y que nuevamente dirige periodo 2021-2026. Posee los grados de Doctor en Gestión Empresarial y en Ingeniería Industrial, además, de estudios de Postdoctorado en Ingeniería e Innovación. Su formación se complementa con maestrías en Ingeniería Industrial y en Gestión del Conocimiento, así como con reconocimientos académicos, entre ellos el título de Doctor Honoris Causa otorgado por prestigiosas universidades del país. A lo largo de su trayectoria profesional ha desempeñado cargos de gran responsabilidad como Congresista de la República, Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, e investigador RENACYT. Cuenta con amplia experiencia en los ámbitos de la consultoría empresarial, docente universitario y conferencista nacional e internacional, destacando por su compromiso con la innovación, la calidad y la mejora continua. Es autor de libros y artículos científicos, que reflejan su dedicación por la investigación, el desarrollo del conocimiento y el fortalecimiento de la educación superior en el país.
<https://orcid.org/0000-0003-1216-0944>

JHONNY HENRY PIÑÁN GARCÍA: Docente investigador. Ingeniero Industrial con especializaciones en Sistemas y Tecnologías de la Información, amplia experiencia en las áreas de desarrollo de sistemas y soporte tecnológico, en empresas líderes del país. Con una Maestría en Didáctica y Tecnologías de la Información y egresado del Doctorado en Gestión Empresarial. Docente en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán adscrito a la Facultad de Ingeniería Industrial. Autor de publicaciones de artículos científicos y de libros. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco. <https://orcid.org/0000-0002-0263-7668>

GUILLERMO AUGUSTO BOCANGEL MARÍN: Ingeniero industrial por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y magíster en Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias por la PUCP y la Universidad Politécnica de Madrid. Complementa su formación con estudios de posgrado en gestión de procesos, innovación, sistemas integrados de gestión y mejora continua, en instituciones de prestigio en Perú y Europa. Reconocido investigador RENACYT – CONCYTEC que cuenta con publicaciones de libros y artículos científicos indexadas en Scopus. Ha liderado iniciativas empresariales orientadas al abastecimiento industrial estratégico y al comercio internacional de insumos productivos, promoviendo modelos de gestión basados en eficiencia operativa, mejora de procesos, cumplimiento normativo y

creación de valor sostenible. Su experiencia abarca sectores como minería, construcción, manufactura, logística y servicios con una visión empresarial estratégica en entornos académicos como en escenarios corporativos complejos. Actualmente se desempeña como docente universitario de pregrado y posgrado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres (USMP). <https://orcid.org/0000-0002-5431-9805>

NÉRIDA DEL CARMEN PASTRANA DÍAZ: Directora de transferencia e innovación en la UNHEVAL, autora de los libros “Aplicativos de Simulación de Sistemas Discretos en Empresas Productivas y de Servicios”, “Gestión de los Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo” y Autora del artículo en la revista científica “Modelo de Medición del Capital Intelectual en las Carreras Acreditadas de Ingeniería Industrial del Perú”, ponente en eventos internacionales en temas sobre inteligencia de negocios y gestión del conocimiento, así mismo desarrollo trabajos de responsabilidad social sobre “Infraestructura Inalámbrica de Telecomunicaciones para Colegios de Zonas Rurales de la Región Huánuco. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco. <https://orcid.org/0000-0001-8357-3012>.

GUADALUPE RAMIREZ REYES: Doctora en Ingeniería por la Universidad Nacional Federico Villarreal y Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional de Ingeniería. Cuenta con artículos publicados en revistas científicas desarrollados en colaboración y en autonomía, con experiencia en temas de programación, simulación medio ambiente, seguridad y salud en el trabajo y optimización de procesos de producción usando herramientas Lean Manufacturing. <https://orcid.org/0000-0002-4007-7729>.

HERNÁN WILMER GARCÍA BONILLA: Ingeniero de Sistemas y Maestro en Gestión Pública por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Su formación académica se complementa con estudios en Inteligencia Artificial, Gestión de Recursos Humanos y Gestión por Procesos y Calidad, lo que le ha permitido fortalecer un perfil integral orientado a la innovación y a la mejora de la gestión organizacional. Se ha especializado en los campos de la gestión e informática, abordando con rigurosidad problemas organizacionales. Su vocación por la enseñanza lo ha llevado a desempeñarse como docente invitado en la Escuela de Posgrado de la UNHEVAL. Asimismo, ha contribuido al ámbito académico mediante la publicación de libros y artículos científicos, orientados a impulsar la innovación y la calidad educativa. <https://orcid.org/0009-0001-6542-079X>

BISETH MIRAVAL ROJAS: Ingeniera de Sistemas y Maestra en Gestión y Negocios, especialista en gestión por procesos, con más de diez años de experiencia en el sector público. Ha desarrollado su trayectoria en temas de gestión de la calidad y modernización del Estado, aportando al fortalecimiento institucional y a la mejora continua de la gestión pública. <https://orcid.org/0000-0001-5605-3003>.

GELACIO POZO PINO: Ingeniero Industrial, maestro en Ciencias de la educación con mención en docencia en educación superior e investigación. Docente en la Universidad Hermilio Valdizán en la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas y la Universidad de Huánuco. Autor de publicaciones de artículos científicos y de libros. <https://orcid.org/0000-0002-8425-2373>

JOHNNY BRYNNER VILCHEZ MIRANDA: Ingeniero industrial. Con más de 20 años de experiencia profesional principalmente en el área de metal mecánica y experiencia profesional en el área de innovación de tecnología. Con maestría en Medio ambiente y desarrollo sostenible, Mención en Gestión Ambiental. Actualmente se desempeña como responsable del taller de metalmecánica de la escuela profesional de ingeniería Industrial adscrito a la facultad de ingeniería industrial y de Sistemas de la Universidad nacional Hermilio Valdizán. <https://orcid.org/0009-0001-6992-6376>.

SISTEMAS DINÁMICOS PARA INGENIEROS

SIMULACIÓN DE MODELOS CON VENSIM



SISTEMAS DINÁMICOS PARA INGENIEROS

SIMULACIÓN DE MODELOS CON VENSIM

