ppi 201502ZU4659
Esta publicación científica en formato digital es continuidad de la revista impresa
ISSN 0254 -0770 / e-ISSN 2477-9377 / Depósito legal pp 197802ZU38

Laboratorio de Geodesia Física y Satelital Dr. Melvin Hoyer
Desde su fundación en 1997 ha sido un referente en docencia, investigación y extensión, contribuyendo en la formación de profesionales altamente capacitados en Agrimensura e Ingeniería Geodésica.

REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA

REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DEL ZULIA

VOLUMEN 48 EDICIÓN CONTINUA AÑO 2025

Modelo de Dinámica de Sistemas para la Gestión de un Programa Académico Universitario de Pregrado

Oscar Mauricio Gelves Alarcón [1] David Alejandro Celemín Carrillo [1]
Danna Alejandra Casteblanco Tenjica [1]
Brayan Yesid Collazos Sarmiento [1]

[1] Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Sede campus, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, 250240, Colombia

Autor de correspondencia: oscar.gelves@unimilitar.edu.co

https://doi.org/10.22209/rt.v48a02

Recepción: 25 octubre 2024 | Aceptación: 10 marzo 2025 | Publicación: 14 abril 2025.

Resumen

El objetivo de este estudio es diseñar un modelo de dinámica de sistemas que aborde la evolución de la población de un programa de pregrado mediante un enfoque sistémico y causal. Se propone un enfoque que integre variables como la población estudiantil actual, los costos de matrícula y los resultados económicos del programa, con el fin de proporcionar una visión integral de la situación. La metodología de base se fundamenta en la utilización de un diagrama de Forrester para la construcción del modelo, el cual permite simular las variables hasta el año 2043. Además, se lleva a cabo una revisión literaria utilizando bases de datos como Scopus y Google Academics para contextualizar el modelo propuesto. Los resultados principales de esta investigación incluyen la capacidad del modelo para proyectar diferentes escenarios, como la falta de políticas gubernamentales económicas hacia las universidades. Asimismo, se destaca la identificación de temas y variables relevantes mediante la revisión literaria realizada. En conclusión, este estudio proporciona un modelo integral que permite proyectar la evolución de la población estudiantil en un programa de ingeniería, ofreciendo una herramienta para la toma de decisiones y la formulación de estrategias a largo plazo en el ámbito académico.

Palabras clave: Dinámica de sistemas; Gestión académica; Población estudiantil.

Systems dynamics model for the management of an undergraduate university academic program

Abstract

The objective of this study is to design a system dynamics model that addresses the evolution of the population of an undergraduate program through a systemic and causal approach. The problem statement lies in the lack of comprehensive tools that allow for effective analysis and projection of this dynamics. The objective of this study is to develop a system dynamics model that tackles this issue through a systemic and causal approach. It proposes an approach that integrates key variables such as current student population, tuition costs and program economic outcomes, to provide a comprehensive view of the situation. The methodology is based on the utilization of a Forrester diagram for model construction, which allows for simulating the identified variables up to the year 2043. Additionally, an exhaustive literature review is conducted using databases such as Scopus and Google Academics to contextualize the proposed model. The main results of this research include the model's ability to project different scenarios, such as the lack of governmental economic assistance policies towards universities. Furthermore, it highlights the identification of relevant themes and variables through the literature review conducted. In conclusion, this study provides a comprehensive and robust model that enables the projection of student population evolution in an

engineering program, thus offering a valuable tool for decision-making and long-term strategic planning in the academic field.
Keywords: System dynamic; Academy management; Student population.

Modelo de Dinâmica de Sistemas para a Gestão de um Programa Acadêmico Universitário de Graduação

Resumo

O objetivo deste estudo é projetar um modelo de dinâmica de sistemas que aborde a evolução da população de um programa de graduação usando uma abordagem sistêmica e causal. É proposta uma abordagem que integra variáveis como a população estudantil atual, custos de mensalidade e resultados econômicos do programa para fornecer uma visão abrangente da situação. A metodologia subjacente baseia-se na utilização de um diagrama de Forrester para construir o modelo, o que permite simular variáveis até ao ano de 2043. Além disso, é realizada uma revisão bibliográfica utilizando bases de dados como Scopus e Google Academics para contextualizar o modelo proposto. Os principais resultados desta pesquisa incluem a capacidade do modelo de projetar diferentes cenários, como a falta de políticas econômicas governamentais voltadas para as universidades. Da mesma forma, destaca-se a identificação de temas e variáveis relevantes por meio da revisão literária realizada. Em conclusão, este estudo fornece um modelo abrangente para projetar a evolução da população estudantil em um programa de engenharia, oferecendo uma ferramenta para a tomada de decisões e formulação de estratégias de longo prazo no campo acadêmico.
Palavras-chave: Dinâmica de sistemas; gestão acadêmica; População estudantil.

Introducción

Según estudios realizados sobre las matrículas en el sector universitario colombiano, se ha observado una desaceleración en el período de 2015 a 2018 (6 %) en comparación con el período de 2006 a 2015 (6,5 %) (Rincón & Espitia, 2021). El sector universitario en Colombia se divide en público y privado, y es notable que el sector privado presentó una caída del -0,5 % en las matrículas durante el período de 2015 a 2018. Además, en 2019 se registró una disminución del -17 % en las instituciones de educación superior, datos recopilados antes de la pandemia de COVID-19. El impacto de la pandemia agravó aún más la baja en las matrículas; según la Asociación Colombiana de Universidades, se registraron 2.355,603 estudiantes matriculados, sin un aumento significativo después de la pandemia. En 2023, la tasa de deserción se estimó en aproximadamente un 45 %. Por tanto, se observa una tendencia negativa de la tasa de matriculados y un aumento considerable en la tasa de deserción, lo cual dificulta la gestión y viabilidad de los diferentes programas de pregrado en el país. Por tal razón se plantea como una solución un modelo de dinámica de sistemas que permita pronosticar las demandas de estudiantes teniendo en cuenta diferentes variables asociadas al entorno educativo.

Para diseñar el modelo de dinámica de sistemas, se emplea la simulación continua como herramienta principal. La simulación continua es una metodología que analiza y simula modelos dinámicos mediante elementos matemáticos que se relacionan y evolucionan con el tiempo (Sterman, 2000). Se utilizan arquetipos, que son estructuras con patrones comunes en la dinámica de sistemas, para entender el funcionamiento de las relaciones entre las diferentes variables que componen un sistema (Meadows, 1999). Basándose en esta definición, se utiliza el arquetipo de población como base para desarrollar el modelo. Este arquetipo de población incluye variables como nacimientos, muertes y población total, tal como se muestra en la Figura 1.

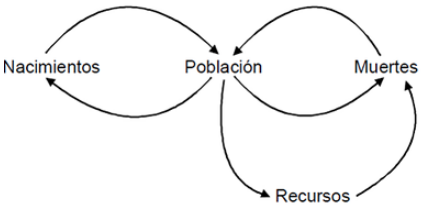


Figura 1. Diagrama del arquetipo de población en dinámica de sistemas, (Perissé, 2020).

Para el desarrollo del modelo, se toma como caso de estudio el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Militar Nueva Granada. El modelo se desarrolla en varias fases: recopilación de estadísticas del programa, realización del modelo causal, diseño del diagrama de Forrester, simulación en el software Stella, análisis de resultados, generación de escenarios y conclusiones.

La revisión de la literatura destaca trabajos que aplican la dinámica de sistemas en el ámbito educativo. Por ejemplo, Hernández (2020) define un modelo de simulación continúa enfocado en la demanda de ciertas asignaturas en un programa de licenciatura. Manesh (2021) se enfoca en las variables que afectan el aprendizaje en una población estudiantil, mientras que Hernández (2015) estudia la deserción estudiantil en un programa de pregrado específico. Dado que las matrículas son el principal sustento para los programas universitarios, se plantea como objetivo diseñar un modelo de dinámica de sistemas para simular la población estudiantil en un programa académico. Este modelo permitirá proyectar la población estudiantil y cómo ésta puede afectar los diferentes recursos necesarios para el funcionamiento de un programa universitario.

Materiales y Métodos

Revisión de literatura

Para la revisión de la literatura, se emplearon las bases de datos Scopus y Google Académico, utilizando la siguiente ecuación de búsqueda.

System dynamics model OR dynamics modelling And educational (1)

A continuación (Tabla 1), se presenta una lista de artículos seleccionados para la investigación, centrados en la aplicación de la dinámica de sistemas en el ámbito educativo.

Tabla 1. Principales Referencias bibliográficas sobre la aplicación de la dinámica de sistemas en educación.

Titulo	Autores/Año	Temática
Prospección de matrícula mediante la aplicación del modelo de dinámica de sistemas en una institución de educación superior	(Hernandez;2020)	Pronostica por medio de dinámica de sistemas la demanda de tres asignaturas correspondientes a una carrera de licenciatura en el periodo de agosto a diciembre 2018 utilizando el software Vensim.
Deserción en la Educación Superior Rural: Análisis de Causas desde el Pensamiento Sistémico	(Rincón;2022)	Tiene como objetivo determinar las variables que intervienen en la deserción rural, se define diagramas causales, pero no precisa resultados de simulación.
A system dynamics model to design a more effective education system	(Manesh;2021)	Se orienta a definir las variables que intervienen en los resultados de aprendizaje.
Modelo Representativo de Deserción Estudiantil Voluntaria en Carreras de Pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	(Sanchez;2015)	Se define los parámetros de deserción para un programa de ingeniería industrial basado en un diagrama causal y un diagrama de Forrester.

La revisión de la literatura reveló estudios que aplican la dinámica de sistemas. Sin embargo, no se encontró literatura que aborde específicamente la gestión de la demanda y oferta en programas de pregrado, ni los factores económicos resultantes de la relación entre matrículas, profesores y otros elementos.

Construcción del modelo

Para el desarrollo del modelo se tienen en cuenta la población estudiantil, los matriculados nuevos, el comportamiento de la deserción y la planta profesoral del programa de ingeniería industrial el cual va a ser objeto de estudio. Se observa un comportamiento estable en la cantidad de estudiantes durante el periodo de 2017 a 2022 (Figura 2), con un incremento del 11% en la población estudiantil desde 2017, a pesar de eventos como la pandemia de COVID-19.

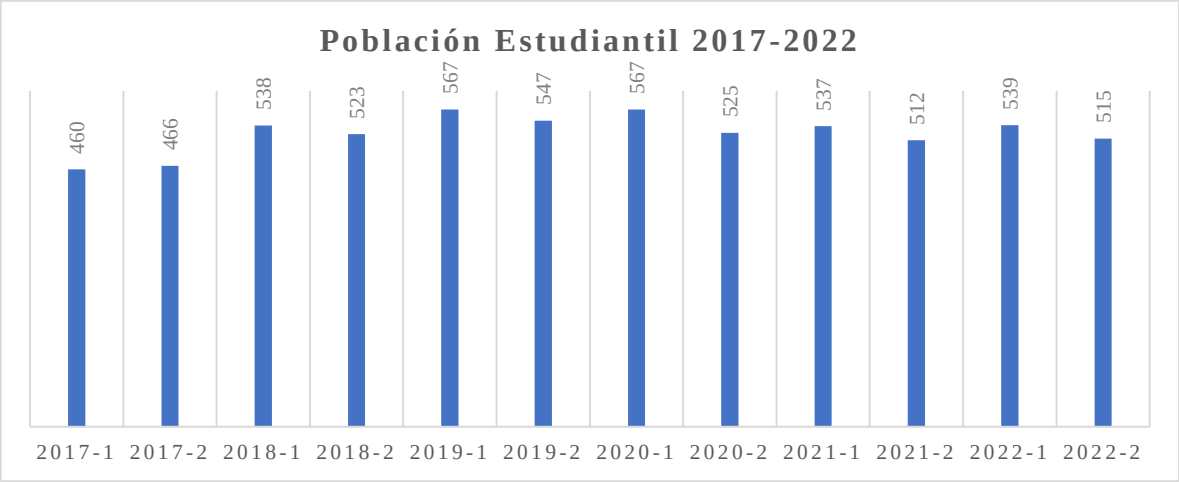


Figura 2. Población estudiantil 2017-2022 en el programa de Ingeniería Industrial (Universidad Militar Nueva Granada programa de Ingeniería Industrial, 2022).

Por lo general el sistema educativo universitario colombiano se caracteriza por dividirse en dos semestres el año lectivo, como se puede observar en la Figura 3 se inscriben la mayoría de los estudiantes en el primer semestre año lectivo, por otro lado, se observa una disminución de la entrada de los estudiantes en los primeros semestres del año dentro de las posibles causas se tienen los efectos de la pandemia del COVID 19, mientras la disminución de los segundos periodos no fue alta.

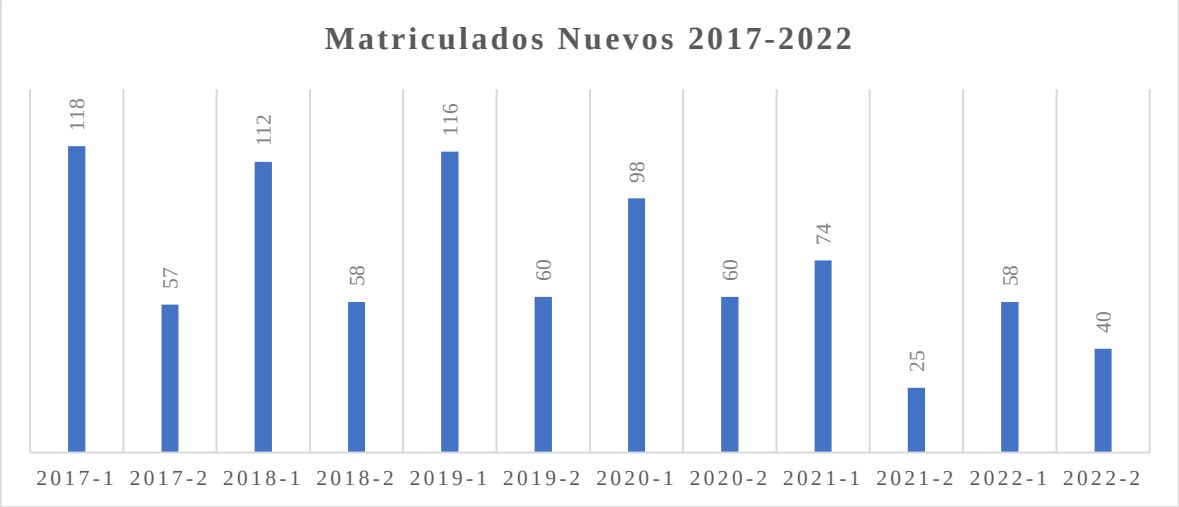


Figura 3. Matriculados Nuevos Población estudiantil 2017-2022 en el programa de Ingeniería Industrial (Universidad Militar Nueva Granada programa de Ingeniería Industrial, 2022).

La deserción del programa durante los años 2017 y 2022 (Figura 4), se ha reducido 6 puntos porcentuales iniciando en 2017 con un 11,7 % y terminando en 2022 con un 5,6 %, se pueden apreciar factores para la disminución de esta tasa como becas por parte del Estado y convenios realizados con alcaldías de los municipios aledaños.

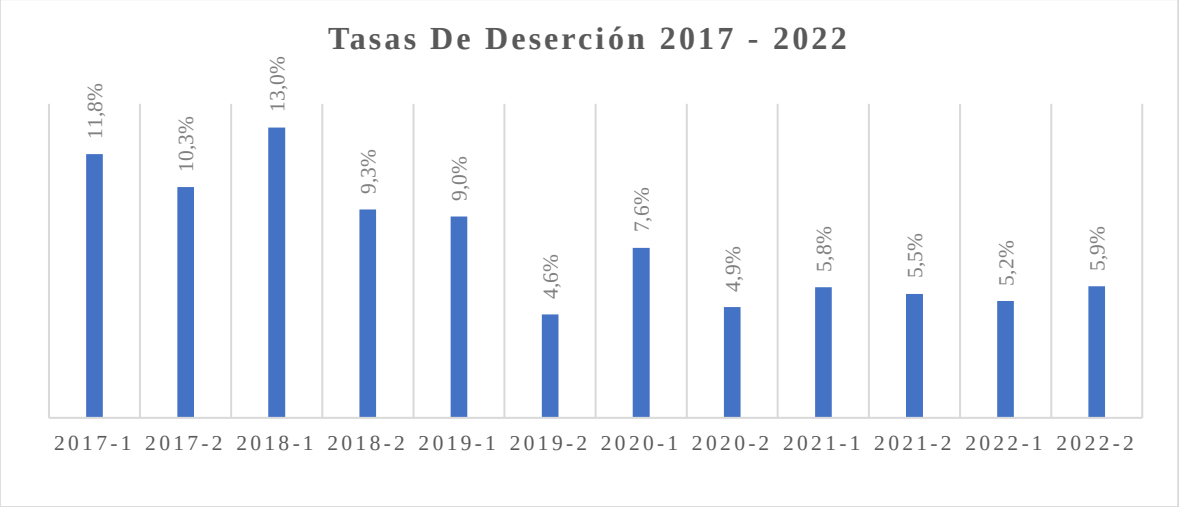


Figura 4. Tasa de deserción 2017-2022 en el programa de Ingeniería Industrial (Universidad Militar Nueva Granada programa de ingeniería Industrial, 2022).

La planta profesoral durante los años 2017 a 2023 (Figura 5), se mantenido relativamente estable, la cantidad de profesores de tiempo completo se incrementado en un 17 % y en las horas catedra en un 9 %. La relación entre estudiante y profesor en el año 2017 era de 1:32 un profesor por 32 estudiantes en el año 2022 se presenta una relación de 1:30, lo cual es una relación bastante alta a comparación de los estándares del Ministerio Educación Nacional.

Figura 5. Población profesoral 2017-2022 en el programa de Ingeniería Industrial (Universidad Militar Nueva Granada programa de Ingeniería Industrial, 2022).

Para el desarrollo del modelo de simulación basado en la dinámica de sistemas (Tabla 2) se debe tener en cuenta la elaboración de dos diagramas, uno el diagrama causal y el diagrama de Forrester, para la construcción del diagrama causal se tienen en cuenta las siguientes variables: nuevos matriculados, población estudiantil, estudiantes reintegrados, estudiantes desertores, población de profesores, ingresos y salida de profesores, utilidades, ingresos y costos. A continuación, se presenta el diagrama causal del modelo propuesto en la Figura 6. Para el desarrollo del diagrama de Forrester (Figura 7) o Flujos se clasificaron las siguientes variables de nivel o acumulativas, variables de flujo y auxiliares (Tabla 3).

Tabla 2. Variables definidas para el modelo propuesto de dinámica de sistemas.

Variables de Nivel	Variables de Flujo	Variables auxiliares
Población Estudiantil	Nuevos Matriculados	Tasa de reintegros
Profesores	Graduados	Tasa de matriculados
Utilidades acumuladas	Reintegrados	Tasa de deserción
	Desertores	Tasa de graduados
	Contratación	Tasa de Contratación
	Despido	Tasa de despido
	Ingresos	Valor de matricula
	Costos	

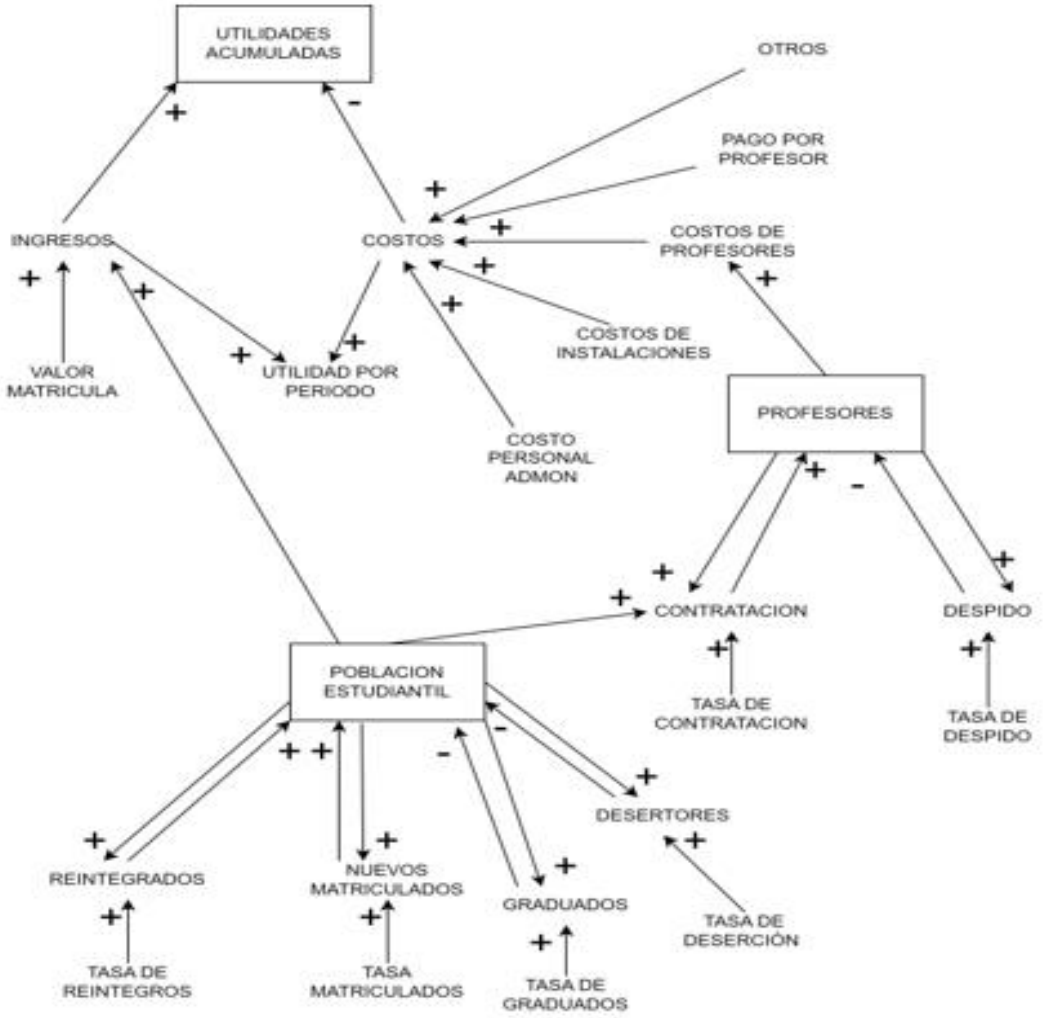


Figura 6. Diagrama causal propuesto

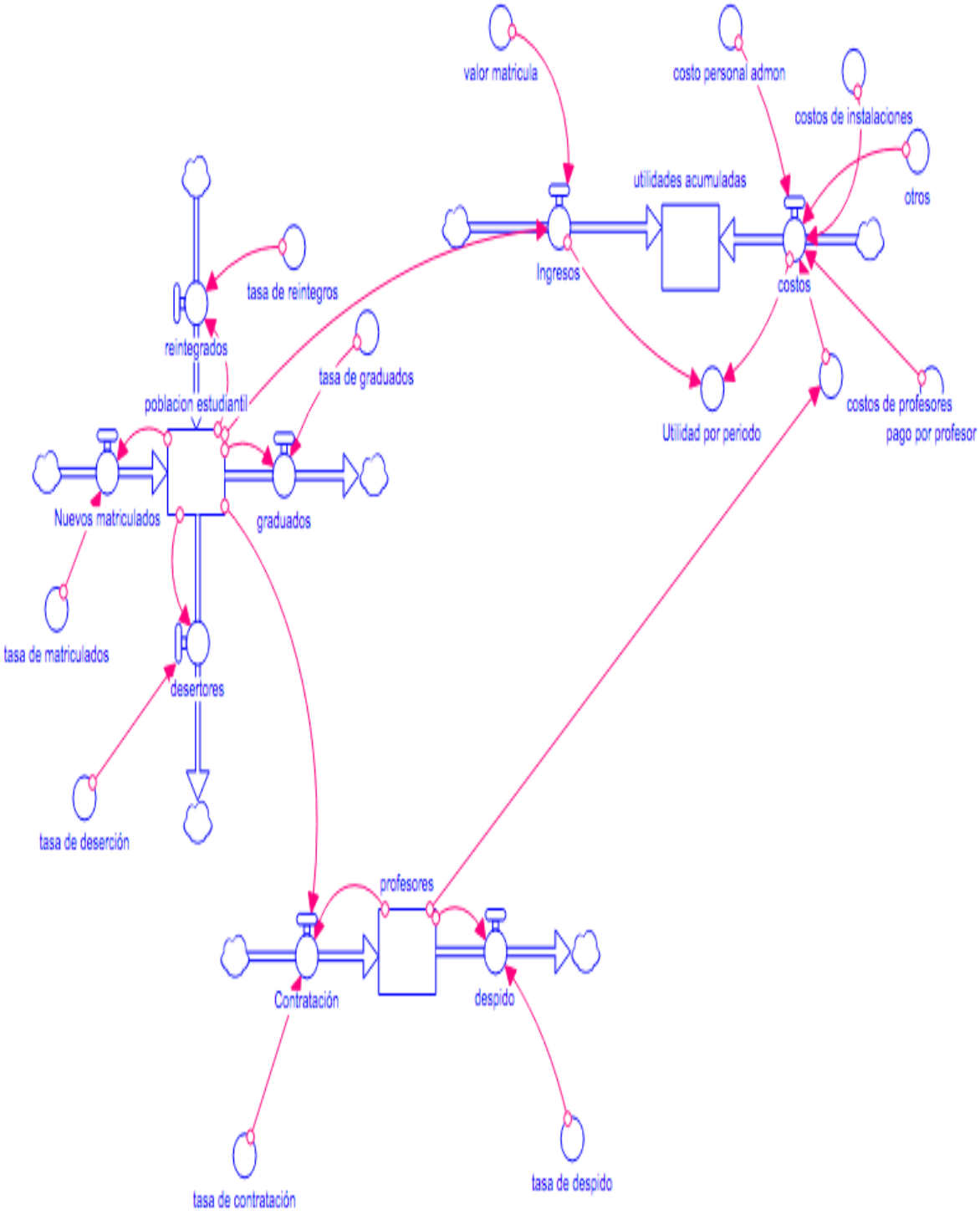


Figura 7. Diagrama de Forrester modelo propuesto en software Stella.

Tabla 3. Relación de costos de las variables auxiliares.

Variables auxiliares	Costos en pesos Colombianos /anual
Valor Matricula	$ 12.000.000 / estudiante
Costo personal administrativo	$ 50.000.000
Costo de instalaciones	$ 60.000.000
Pago de Profesor	$ 70.000.000 / profesor
Otros	$ 200.000.000

Para el desarrollo del modelo de simulación se presentan las siguientes ecuaciones:

$$Nuevos\ Matriculados = Tasa\ de\ matriculados * Población\ estudiantil \quad (2)$$

$$Tasas\ Graduados = Tasa\ de\ Graduados * Población\ estudiantil \quad (3)$$

$$Reintegrados = Tasa\ de\ Reintegrados * población\ estudiantil \quad (4)$$

$$Reintegrados = Tasa\ de\ Reintegrados * población\ estudiantil \quad (5)$$

$$Contratación = Tasa\ de\ Contratación * \left(\frac{población\ estudiantil}{profesores}\right) \quad (6)$$

$$Despido = Tasa\ de\ Despido * profesores \quad (7)$$

$$Ingreso = Valor\ de\ la\ matricula * población\ estudiantil \quad (8)$$

$$Costos = Costo\ de\ personal\ admon + costo\ de\ instalaciones + (pago\ por\ profesor * costo\ de\ profesor) \quad (9)$$

Para dar mayor dinámica al modelo se procedió a generar valores aleatorios en algunas variables auxiliares.

$$Tasa\ de\ reintegros = 0{,}02 \quad (10)$$

$$Tasa\ de\ matriculados = Random\ (0{,}08; 0{,}11) \quad (11)$$

$$Tasa\ de\ deserción = Random\ (0{,}05; 0{,}11) \quad (12)$$

$$Tasa\ de\ graduados = Random\ (0{,}02; 0{,}09) \quad (13)$$

$$Tasa\ de\ Contratación = 0{,}01 \quad (14)$$

$$Tasa\ de\ Despido = 0{,}05 \quad (15)$$

$$Valor\ de\ matricula = 12000000 + \text{RAMP}(12000000 * \text{RANDOM}(0{,}05; 0{,}10);\ 2024) \quad (16)$$

$$Costo\ de\ instalaciones = 60000000 + \text{RAMP}(60000000 * \text{RANDOM}(0{,}05; 0{,}10);\ 2024)(\quad (17)$$

$$Costo\ de\ personal\ admon = 50000000 + \text{RAMP}(50000000 * \text{RANDOM}(0{,}05; 0{,}10);\ 2024) \quad (18)$$

$$\text{Pago de profesor} = 70000000 + \text{RAMP}(70000000 * \text{RANDOM}(0{,}05; 0{,}10);\ 2024) \quad (19)$$

$$Costo\ de\ Otros = 200000000 + \text{RAMP}(200000000 * \text{RANDOM}(0{,}05; 0{,}10);\ 2024) \quad (20)$$

$$Costo\ profesores = profesores \quad (21)$$

$$Utilidad\ por\ periodo = Ingresos - Costos \quad (22)$$

$$Población\ estudiantil = 515 \quad (23)$$

$$Profesores = 17 \quad (24)$$

$$Utilidades\ acumuladas = 0 \quad (25)$$

$$\text{Nuevos Matriculados} = \text{poblacion_estudiantil} * \text{tasa_de_matriculados} \quad (26)$$

$$\text{Graduados} = \text{poblacion_estudiantil} * \text{tasa_de_graduación} \quad (27)$$

$$\text{Reintegros} = \text{poblacion_estudiantil} * \text{tasa_de_reintegros} \quad (28)$$

$$\text{Desertores} = \text{poblacion_estudiantil} * \text{tasa_de_deserción} \quad (29)$$

$$\text{Contratación} = \text{tasa_de_contratación} * (\text{poblacion_estudiantil/profesores}) \quad (30)$$

$$Despidos = \text{profesores} * \text{tasa_de_despido} \quad (31)$$

$$Costos = (\text{costos_de_profesores} * \text{pago_por_profesor}) + (\text{costo_personal_admon} + \text{costos_de_instalaciones} + \text{otros}) \quad (32)$$

$$Ingresos = \text{poblacion_estudiantil} * \text{valor_matricula} \quad (33)$$

Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la simulación del modelo realizado en el software Stella, (Figuras 8-9), (Tablas 4-6).

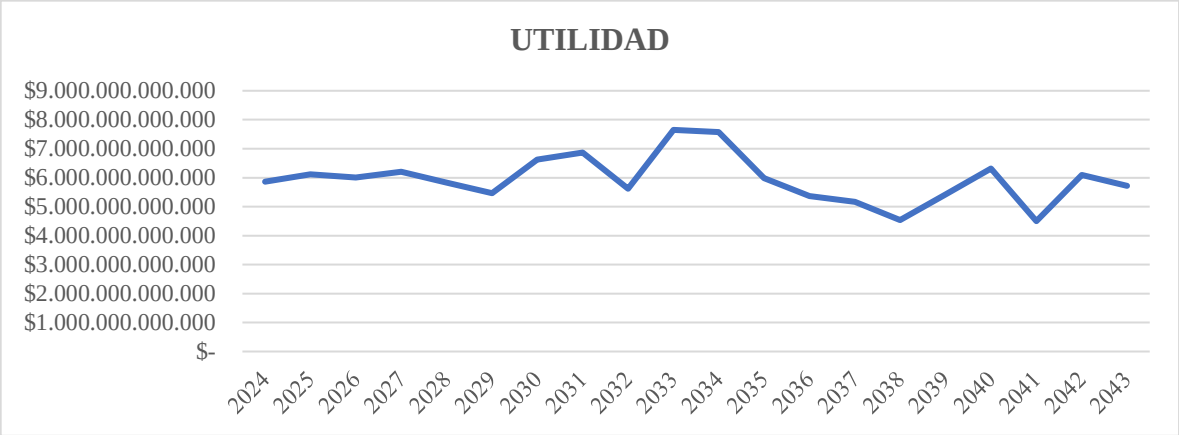


Figura 8. Simulación del comportamiento de la utilidad por periodo con Software Stella.

Tabla 4. Resultados de la simulación de las variables del modelo propuesto.

PERIODO	UTILIDAD	INGRESOS	COSTOS
2024	$ 5.8*10^9	$ 7.3*10^9	$ 1.4*10^9
2025	$ 6.1*10^9	$ 7.6*10^9	$ 1.5*10^9
2026	$ 6.01*10^9	$ 7.6*10^9	$ 1.6*10^9
2027	$ 6.2*10^9	$ 7.8*10^9	$ 1.6*10^9
2028	$ 5.8*10^9	$ 7.5*10^9	$ 1.6*10^9
2029	$ 5.4*10^9	$ 7.3*10^9	$ 1.8*10^9
2030	$ 6.6*10^9	$ 8.5*10^9	$ 1.8*10^9
2031	$ 6.8*10^9	$ 8.7*10^9	$ 1.9*10^9
2032	$ 5.6*10^9	$ 7.7*10^9	$ 2.1*10^9
2033	$ 7.6*10^9	$ 9.4*10^9	$ 1.8*10^9
2034	$ 7.5*10^9	$ 9.4*10^9	$ 1.8*10^9
2035	$ 5.9*10^9	$ 8.0*10^9	$ 2.0*10^9
2036	$ 5.3*10^9	$ 7.5*10^9	$ 2.2*10^9
2037	$ 5.1*10^9	$ 7.2*10^9	$ 2.0*10^9
2038	$ 4.5*10^9	$ 7.0*10^9	$ 2.4*10^9
2039	$ 5.4*10^9	$ 7.6*10^9	$ 2.2*10^9
2040	$ 6.3*10^9	$ 8.3*10^9	$ 2.0*10^9
2041	$ 4.5*10^9	$ 7.0*10^9	$ 2.5*10^9
2042	$ 6.1*10^9	$ 8.5*10^9	$ 2.4*10^9
2043	$ 5.7*10^9	$ 8.15*10^9	$ 2.4*10^9

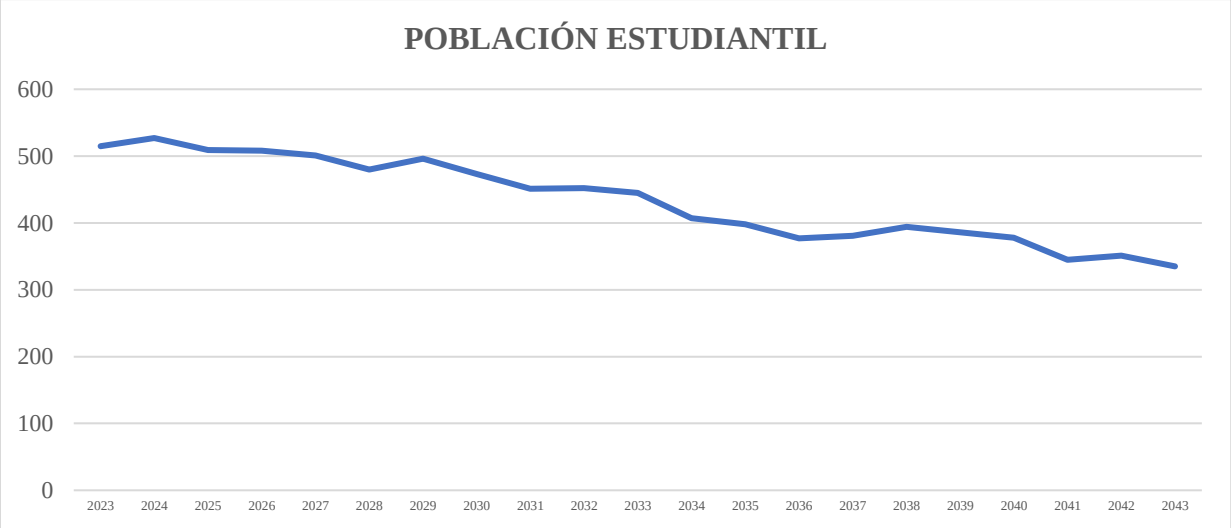


Figura 9. Simulación del comportamiento de la población estudiantil con Software Stella.

Tabla 5. Resultados de la simulación de la población estudiantil y profesores a 2043 del modelo propuesto.

PERIODO	POBLACIÓN ESTUDIANTIL	PROFESORES	DESERTORES	MATRICULADOS NUEVOS
2023	515	17	31	45
2024	527	17	54	46
2025	509	16	29	55
2026	508	16	52	50
2027	501	15	54	52
2028	480	15	31	41
2029	496	15	51	44
2030	473	14	48	48
2031	451	14	34	48
2032	452	14	34	48
2033	445	13	49	39
2034	407	13	36	43
2035	398	13	43	44
2036	377	12	30	34
2037	381	12	20	37
2038	394	12	23	33
2039	386	12	40	33
2040	378	11	41	34
2041	345	11	25	36
2042	351	11	27	30
2043	335	11	37	36

Según los resultados obtenidos se presenta una estabilidad financiera del programa, a pesar de la reducción de la población estudiantil en porcentaje 34 %, sin embargo, afecta a las necesidades concernientes a profesores, además se mantiene un ingreso relativamente estable de estudiantes y de desertores durante los 20 periodos simulados.

Generación de Escenarios

Para el desarrollo de los escenarios se plantean tres propuestas: el impacto de las políticas estatales de gratuidad, la reducción y congelación de los costos de matrícula y aumentos en las tasas de deserción y disminución en las tasas de matriculados (Figura 10).

Para el desarrollo de los escenarios se agrega la variable matricula cero, la cual consiste en la política de gratuidad del Gobierno Nacional Ministerio de Educación Nacional (2024) donde se cubren personas menos desfavorecidas de los estratos 1, 2 y 3, en la actualidad el programa consta de un 90 % de estudiantes favorecidos por la política de gratuidad y un 10 % por recursos propios, para el escenario se plantea una reducción de la política de gratuidad.

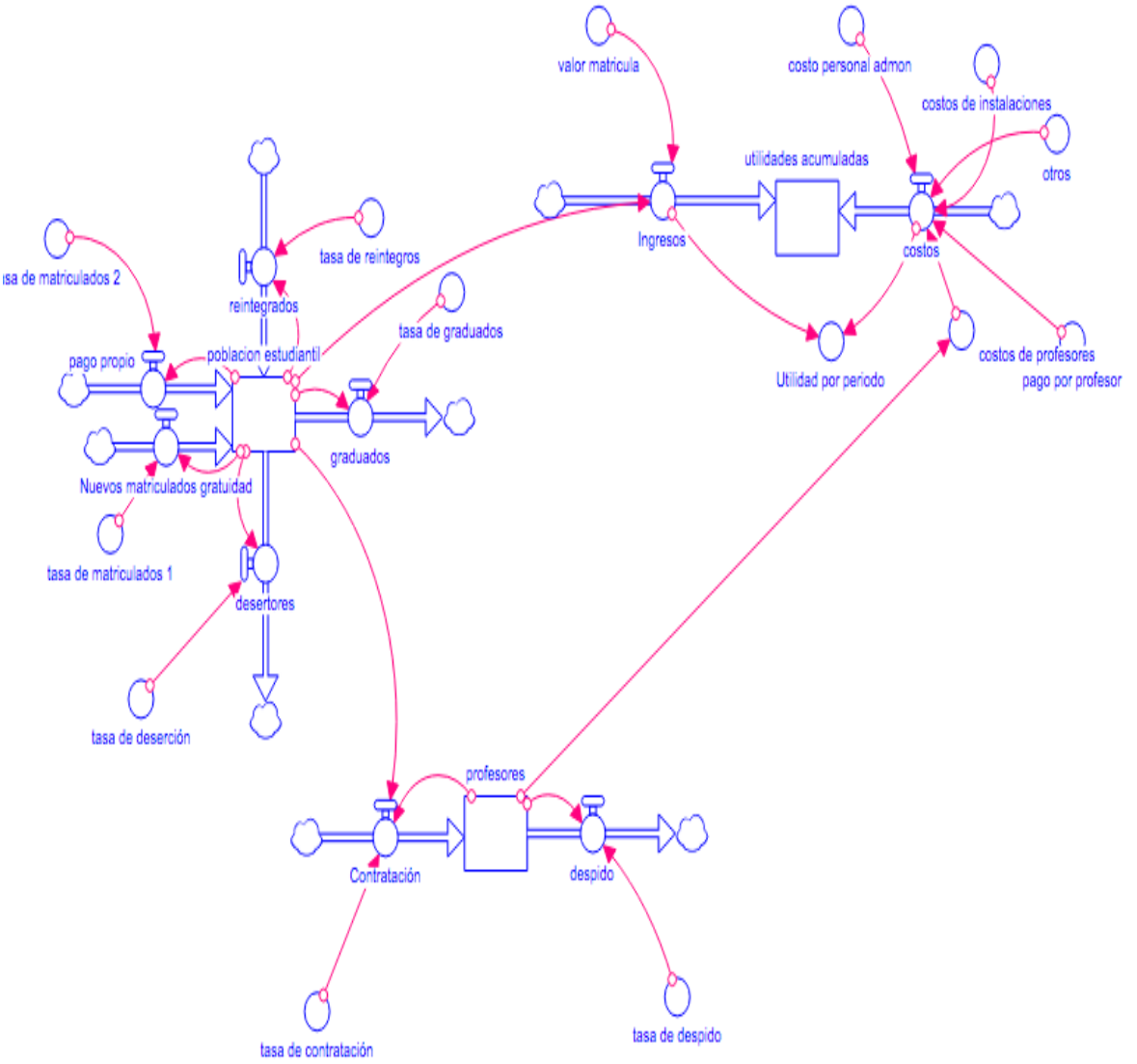
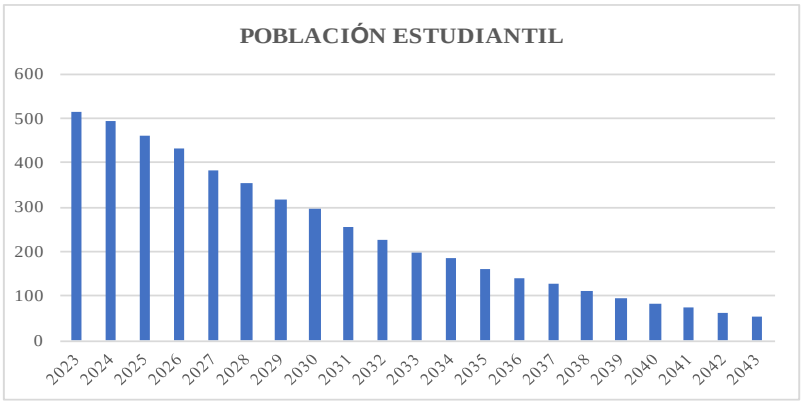


Figura 10. Diagrama de Forrester del escenario 1 en software.

A continuación, se presentan los resultados de la simulación de este escenario (Figura 11).

a



b

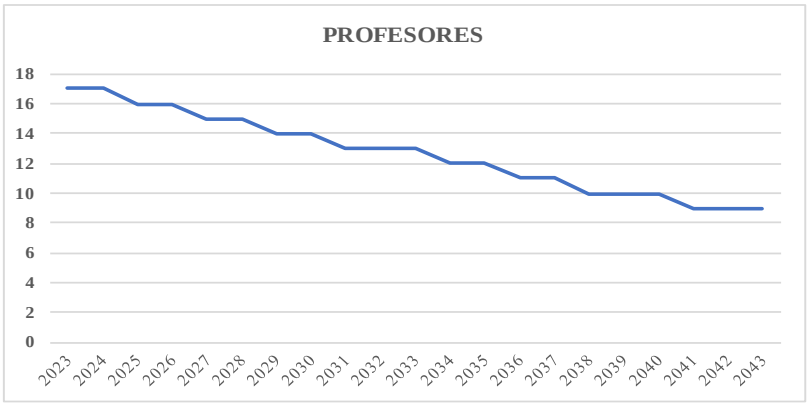


Figura 11. a) comportamiento de población estudiantil escenario 1, b) Comportamiento de población profesoral escenario 1.

La disminución en la población estudiantil y en las utilidades por periodo del programa son factores importantes para la supervivencia del programa es la política de gratuidad, además este resultado es un aviso para la dirección del programa donde se deben reevaluar estrategias para la obtención de nuevos aspirantes al programa.

Para el desarrollo del escenario de reducción y congelación de los costos de matrícula, se propone una reducción de costos de matrícula en el transcurso del tiempo para ello se plantea una reducción hasta el 5 % lo cual futuro generaría perdidas en el aspecto económico del programa a continuación se presenta en la siguiente figura el comportamiento (Figura 12).

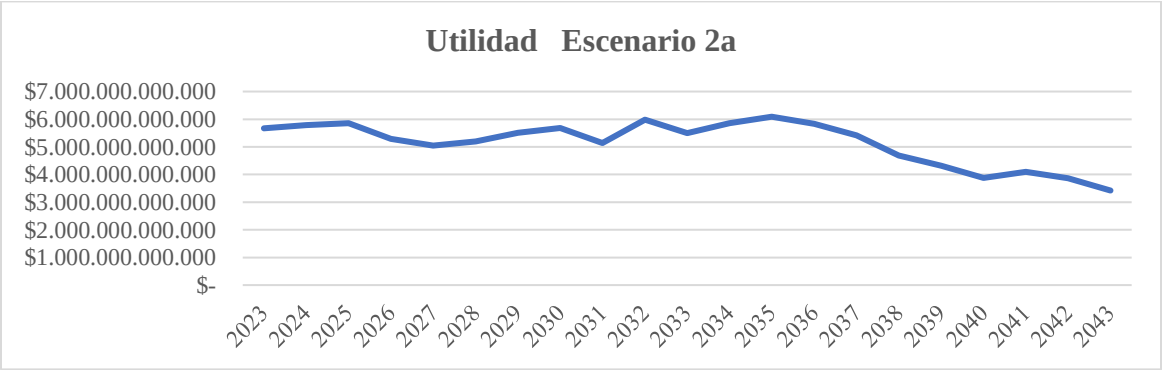


Figura 12. Comportamiento de la variable utilidad por periodo del escenario 2 con reducción de costos de matrícula en software Stella.

A continuación, se presenta el comportamiento si tuviera un costo de matrícula constante sin aumentos lo cual genera una disminución en las utilidades del programa (Figura 13).

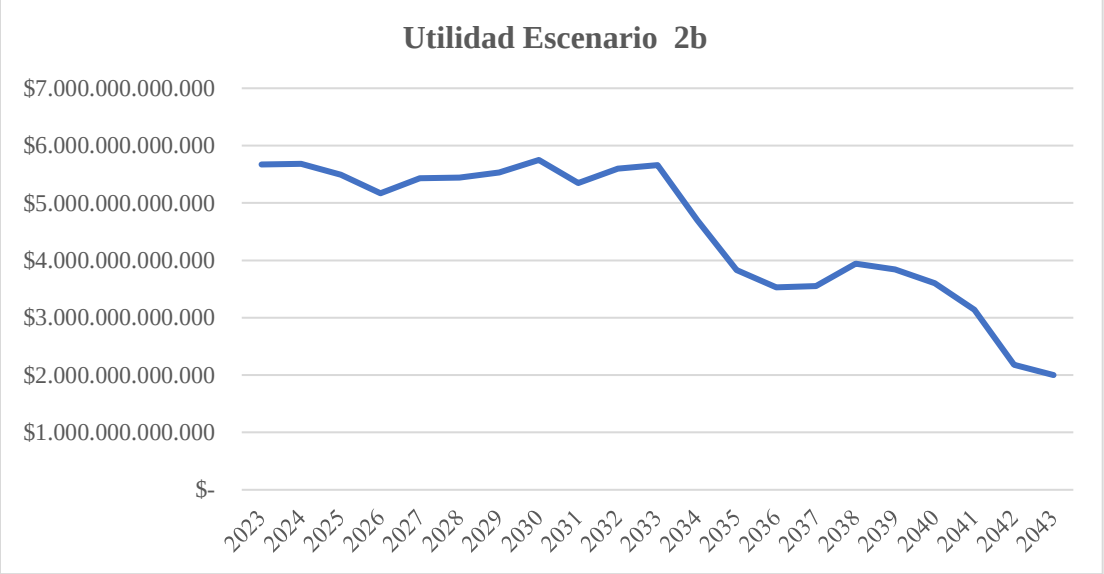


Figura 13. Comportamiento de la variable utilidad por periodo del escenario 2 con congelamiento de matrícula en software Stella.

Para el escenario basado en el incremento de tasas de deserción y caída de matriculados nueva, se incrementó la tasa de deserción entre un valor aleatorio entre el 10 % al 15 % y se realiza una disminución cada cinco años del 2 % hasta el año 2040, a continuación, se presentan los resultados.

Tabla 6. Resultados de la simulación de la población estudiantil y profesores a 2043 del Escenario N 3.

PERIODO	POBLACIÓN ESTUDIANTIL	PROFESORES	DESERTORES	MATRICULADOS NUEVOS
2023	515	17	69	52
2024	493	17	68	50
2025	460	16	67	46
2026	432	16	65	44
2027	384	15	48	39
2028	356	15	48	29
2029	317	14	46	26
2030	295	14	42	24
2031	257	13	39	21
2032	225	13	33	18
2033	200	13	23	12
2034	185	12	28	11
2035	161	12	25	10
2036	142	11	21	9
2037	127	11	15	8
2038	112	10	16	5
2039	95	10	13	4
2040	83	10	11	4

PERIODO	POBLACIÓN ESTUDIANTIL	PROFESORES	DESERTORES	MATRICULADOS NUEVOS
2041	73	9	9	3
2042	63	9	8	3
2043	55	9	7	3

El escenario permite identificar que una reducción en el ingreso de nuevos estudiantes y aumento de la deserción en porcentajes relativamente pequeños pueden influir de manera significativa en la población estudiantil, es importante para la dirección del programa tener en cuenta las tendencias sobre la baja de ingresos de estudiantes a carreras profesionales y los niveles de deserción.

Validación con otros modelos

Para la validación del modelo, se comparó con otros modelos propuestos por diferentes autores. En el estudio realizado por Sánchez (2015) sobre la deserción universitaria en la Universidad Distrital, se adoptó una perspectiva de la dinámica de sistemas. Mediante esta metodología, se identificaron y analizaron los múltiples factores que inciden en la deserción académica. Herramientas como el análisis de afinidad, el diagrama de Pareto y el diagrama de causa y efecto se utilizaron para describir la complejidad del fenómeno. Además, se desarrolló un modelo causal que representaba las relaciones entre las variables identificadas, utilizando datos recolectados a través de encuestas a estudiantes desertores y datos proporcionados por la universidad. Estos datos permitieron comprender mejor la dinámica de la deserción y proponer estrategias específicas para abordar el problema. En resumen, este estudio aplicó los principios de la dinámica de sistemas para comprender y abordar la complejidad de la deserción universitaria en la Universidad Distrital.

Tapia (2020), por otro lado, describe un modelo sistémico para la gestión de relaciones con el cliente en la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú (UNC). Este modelo, fundamentado en una filosofía universitaria centrada en el estudiante, consta de diversas capas, estrategias y programas. Se destaca la importancia de establecer una cultura institucional orientada hacia el estudiante, garantizando la calidad en los servicios educativos y administrativos, así como promoviendo la mejora continua de los procesos internos y la comunicación efectiva con todos los miembros de la comunidad universitaria. Este enfoque se alinea con la dinámica de sistemas al considerar las interacciones complejas entre los distintos elementos de la institución universitaria y cómo estas afectan la satisfacción del estudiante y la eficiencia de los procesos.

Por su parte, Calderón (2011) ofrece una visión sobre los aspectos relevantes para mejorar el perfil profesional de los egresados de la Universidad del Santa, Perú, mediante la dinámica de sistemas. Este modelo incorpora variables como la satisfacción de las empresas empleadoras, los recursos físicos del programa, la calidad de los docentes y las oportunidades laborales. Además, integra análisis de costos relacionados con el sostenimiento del programa, incluyendo una variable adicional como el manejo financiero del mismo.

Finalmente, Gelves (2020) propone diseñar un modelo de Dinámica de Sistemas para simular la población estudiantil de carreras de ingeniería industrial hasta el año 2025. Este estudio se centra en recopilar estadísticas de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Santo Tomás en Bogotá, D.C., incluyendo matriculados, estudiantes de posgrado y casos de deserción entre 2015 y 2020. Se utiliza el software Vensim para simular el modelo, el cual incluye variables como la tasa de deserción, graduación e ingreso al sistema. Se analizan diferentes escenarios para medir el impacto de las variables en el modelo, con el objetivo de ayudar en la planificación de carreras de ingeniería en universidades.

Estos estudios proporcionan una base sólida para la formulación y enriquecimiento del modelo de dinámica de sistemas propuesto en el documento, permitiendo una comprensión más completa y aplicada de los factores que influyen en la población estudiantil de un programa académico de ingeniería.

Conclusiones

Los escenarios analizados evidencian la necesidad del apoyo gubernamental para apoyar el sostenimiento del programa y evitar la disminución en la tasa de ingreso de nuevos estudiantes. El respaldo del Gobierno Nacional a personas de bajos recursos ha mitigado caídas significativas en la matrícula universitaria pública.

Es clave profundizar en los temas de la deserción de los estudiantes y cuáles son los motivos principales para que ocurra este fenómeno, la deserción es una variable que puede afectar de manera notable el comportamiento de la población estudiantil y con ello perjudicar el sostenimiento del programa en el tiempo.

La implementación del modelo basado en dinámica de sistemas permite simular diferentes escenarios y evaluar de manera integral el impacto de factores clave como la matricula, la deserción, los costos operativos y el financiamiento gubernamental. Los resultados obtenidos confirman que este tipo de modelos pueden ser una herramienta de gran valor para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de programas universitarios, facilitando la identificación de tendencias, la planificación a largo plazo y la formulación de políticas de sostenibilidad del sistema educativo.

Agradecimientos

Este documento es realizado en el marco del proyecto de iniciación científica PIC 3901 de la Universidad Militar Nueva Granada.

Referencias Bibliográficas

Bastán, M., Shakouri Ganjavi, H. y Tavakkoli-Moghaddam, R. (2020). Educational demographics: a system dynamics model for human resource management. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, *11*(3), 662-676.

Bedoya-Dorado, C., Murillo-Vargas, G. y González-Campo, C.H. (2021). University Management in times of the COVID-19 pandemic: Analysis of the higher education sector in Colombia. *Estudios Gerenciales*, *37*(159), 251-264.

Costanza, F. (2022). Covid-related educational policies in action: a system dynamics view. *International Journal of Public Sector Management*, *35*(4), 480-512.

Gelves, O. y Navarro, E. (2021). Diseño de un modelo de dinámica de sistemas para simular la población estudiantil en programas de Ingeniería Industrial. Caso de estudio: Universidad Santo Tomás. En *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Prospective and trends in technology and skills for sustainable social development" "Leveraging emerging technologies to construct the future"*, Buenos Aires - Argentina, July 21-23, 2021. http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.260

Hernández, J.M.L., de Luna, A.M., Garcia, P.E.E. y Hernández, F.J.A. (2020). Prospección de matrícula mediante la aplicación del modelo de dinámica de sistemas en una institución de educación superior. En *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology: "Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development" "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy"*, LACCEI 2020. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.

Hoyos-Pontón, C. y Villarraga-Orjuela, A. (2023). Impacto de la ayuda financiera estatal para estudiantes en los precios de matrícula de las universidades: El caso del programa Ser Pilo Paga en Colombia. *Education Policy Analysis Archives*, *31*.

Kalikinskaja, E., Kushnikov, V., Pechenkin, V. y Kumova, S. (2020). Development of a System Dynamics Model of Forecasting the Efficiency of Higher Education System. En *International Scientific and Practical Conference in Control Engineering and Decision Making* (pp. 547-562). Cham: Springer International Publishing.

Manesh, M.M. y Khatami, F. (2021). A system dynamics model to design a more effective education system. En *Proc. of the 29th Int. Conf. of the System Dynamics Society. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc* (Vol. 1, pp. 560-572).

Meadows, D. (1999). *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. The Sustainability Institute, Hartland Four Corners, Vermont, USA.

Ministerio de Educación de Colombia. (2024, 16 de enero). Política de Gratuidad en la Educación Superior. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/portal/Educacion-superior/Pol%C3%ADtica-de-Gratuidad/409830:Politica-de-Gratuidad-en-la-Educacion-Superior [Accedido el 30 de enero de 2024].

Ortiz Ruiz, H. (2020). *Modelado de la deserción estudiantil en el programa de ingeniería de sistemas utilizando un enfoque sistémico* (trabajo de grado). Universidad de Pamplona.

Perissé. (2020, 27 de enero). *Dinámica de sistemas*. [en línea] Disponible en: http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/dinamica_sistemas/dinamica_sistemas.htm [Accedido el 8 de febrero de 2024].

Pechenkin, V.V. y Pechenkina, E.V. Comparative analysis of the role of universities in the formation of centers of knowledge and entrepreneurship. *Actual Probl. Econ. Manag.*, *1*(1), 112-119.

Rincón, A.G., Moreno, S.B., Cala-Vitery, F. y Segovia-García, N. (2022). Deserción en la Educación Superior Rural: Análisis de Causas desde el Pensamiento Sistémico. *Qualitative Research in Education*, *11*(2), 118-150.

Rincón Quiñones, C. y Espitia Suárez, A.F. (2020). La educación superior de Colombia en riesgo: ¿dónde están los estudiantes? *Ecos de Economía*, *24*(51), 4-28.

Romero, M.T. y Morocho, R.C. (2022). Modelo sistémico de la gestión de relaciones con el cliente en Universidad. *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review/Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, *11*(5), 1-20.

Sánchez Arévalo, M.L. (2015). *Modelo Representativo de Deserción Estudiantil Voluntaria en Carreras de Pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas* (Trabajo de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Schmitt Olabisi, L. y Sidibé, A. (2023). Observations from a system dynamics modeling field school in Mali. *System Dynamics Review*, *39*(1), 80-94.

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

Universidad Militar Nueva Granada. (2022). *Cuadros maestros 2022. Programa de Ingeniería Industrial Universidad Militar Nueva Granada sede Campus*.

Editor Asociado: Rosalva Teyes
Centro de Orientación y Promoción Integral (CENOPI)
Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia (LUZ)
Maracaibo, 4001, Zulia, Venezuela
rteyes2710@gmail.com

UNIVERSIDAD DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA
FACULTAD DE
INGENIERIA
UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

Volumen 48. Año 2025, Edición continua

Esta revista fue editada en formato digital y publicada en enero 2025, por el ***Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela***

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org