

**PROPUESTA DE UN MODELO MACROECONÓMICO: UN ENFOQUE  
SISTÉMICO EN LA COMPRENSIÓN DE LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS  
MONETARIAS ORIENTADAS HACIA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA  
ESTABILIDAD DE PRECIOS – MODELO ECONÓMICO CLÁSICO**

**JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2012**

**PROPUESTA DE UN MODELO MACROECONÓMICO: UN ENFOQUE  
SISTÉMICO EN LA COMPRENSIÓN DE LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS  
MONETARIAS ORIENTADAS HACIA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA  
ESTABILIDAD DE PRECIOS – MODELO ECONÓMICO CLÁSICO**

**JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:  
Ingeniero de sistemas**

**Director**

**Hugo Hernando Andrade Sosa  
Magíster en informática**

**Codirector**

**Urbano Eliécer Gómez Prada  
Magíster en informática**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2012**



### NOTA DE PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ		CÓDIGO 2060549
TÍTULO DEL PROYECTO PROPUESTA DE UN MODELO MACROECONÓMICO: UN ENFOQUE SISTÉMICO EN LA COMPRESIÓN DE LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS MONETARIAS ORIENTADAS HACIA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA ESTABILIDAD DE LOS PRECIOS		
REGISTRO NO. 4963	FACULTAD: INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS	CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS
CALIFICACIÓN: APROBADO		CRÉDITOS ///
DIRECTOR DE PROYECTO:		
NOMBRE: HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA		FIRMA: 
CALIFICADORES:		
 ISAAC GUERRERO RINCÓN	 LUIS CARLOS GÓMEZ FLOREZ	FECHA AÑO MES DIA 2012 02 23

### NOTA DE PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ		CÓDIGO 2060549
TÍTULO DEL PROYECTO PROPUESTA DE UN MODELO MACROECONÓMICO: UN ENFOQUE SISTÉMICO EN LA COMPRESIÓN DE LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS MONETARIAS ORIENTADAS HACIA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA ESTABILIDAD DE LOS PRECIOS		
REGISTRO NO. 4963	FACULTAD: INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS	CARRERA: INGENIERÍA DE SISTEMAS
CALIFICACIÓN: CUATRO.SEIS (4.6)		CRÉDITOS 07
DIRECTOR DE PROYECTO:		
NOMBRE: HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA		FIRMA: 
CALIFICADORES:		
 ISAAC GUERRERO RINCÓN	 LUIS CARLOS GÓMEZ FLOREZ	FECHA AÑO MES DIA 2012 02 23



ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN O TESIS Y  
AUTORIZACIÓN DE SU USO A FAVOR DE LA UIS

Yo, **JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ**, mayor de edad, vecino de Bucaramanga, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 1.098'664.452 de Bucaramanga, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de grado, del trabajo de investigación, o de la tesis denominada(o): **“Propuesta de un modelo macroeconómico: un enfoque sistémico en la comprensión de la formulación de políticas monetarias orientadas hacia el crecimiento económico y la estabilidad de precios – modelo económico clásico”** hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR / ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los veintiocho días del mes de febrero de Dos Mil Doce (2012).

EL AUTOR / ESTUDIANTE:

JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ

## **DEDICATORIA**

A esta sociedad, que debe ver en los problemas, oportunidades de progreso, con el propósito de siempre luchar por un mundo mejor, en donde haya igualdad de oportunidades y el trabajo honesto y dedicado sea valorado.

- Jair Albert Andrade Ortiz

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Hugo Hernando Andrade Sosa, Director del Grupo SIMON. Primero, por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto y sobre todo, por su orientación basada en su cosmovisión o manera de ver el mundo. Gracias a él, este proyecto fue un proceso de mejoramiento continuo en el cual se obtuvieron resultados que satisfacen los objetivos planteados.

Al profesor Urbano Eliécer Gómez Prada, por su apoyo y colaboración en el desarrollo del proyecto, gracias a sus aportes con sus conocimientos en Ingeniería del Software y en Dinámica de Sistemas, pero más aún en combatir mi pereza, lo que permitió obtener un trabajo de excelente calidad.

A mi amigo incondicional Luis Carlos León y a su madre, Olga Cecilia Plata, quienes por medio de su colaboración pude concluir el proyecto.

A los integrantes del grupo SIMON, gracias a sus aportes realizados, el proyecto y la sustentación salieron de la mejor manera.

Finalmente, a mi familia y a mis amigos por su apoyo incondicional.

## RESUMEN

**TÍTULO\***: PROPUESTA DE UN MODELO MACROECONÓMICO: UN ENFOQUE SISTÉMICO EN LA COMPRESIÓN DE LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS MONETARIAS ORIENTADAS HACIA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA ESTABILIDAD DE PRECIOS – MODELO ECONÓMICO CLÁSICO.

**AUTOR\*\***: JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ

**PALABRAS CLAVE**: Macroeconomía, Dinámica de Sistemas, modelo económico clásico, herramienta de aprendizaje, prototipos.

En este proyecto se presenta el proceso de construcción de un modelo macroeconómico hecho con Dinámica de Sistemas, basado en el modelo clásico económico descrito en los libros introductorios a la macroeconomía.

Usando las herramientas que proporciona la DS, se integran los conceptos que subyacen en el modelo clásico, haciendo explícita la compleja red de interacciones inherentes a los sistemas sociales, y las condiciones en las cuales opera. De esta manera el modelo clásico es contextualizado, reconociendo las limitaciones y restricciones a las que está sujeto. A partir de este reconocimiento, el proceso de aprendizaje es mejorado, debido a que el estudiante, además de comprender los principios macroeconómicos, puede determinar los casos en que el modelo clásico es pertinente, es decir, distinguir entre la realidad y la teoría.

Debido a la complejidad del modelo construido, se desarrolla una interfaz, usando técnicas de ingeniería del software que facilita a los usuarios interactuar con los elementos claves del modelo. Con base en el modelo construido y la interfaz software desarrollada, se proponen alternativas para aprender macroeconomía usando las herramientas de la Dinámica de Sistemas, teniendo en cuenta las limitaciones del público que aprende.

Finalmente, se aplica una prueba de conocimientos a estudiantes de economía, con el propósito evaluar la mejora en el aprendizaje de los conceptos macroeconómicos cuando se usa la Dinámica de Sistemas como herramienta pedagógica complementaria.

---

\* Trabajo de grado – Modalidad: Investigación

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.  
Director: MSc. Hugo Hernando Andrade Sosa. Codirector: MSc. Urbano Eliécer Gómez Prada.

## ABSTRACT

**TITLE\***: PROPOSAL OF A MACROECONOMIC MODEL: A SYSTEMIC APPROACH IN THE COMPREHENSION OF MONETARY POLICY FORMULATION AIMED AT PRICE STABILITY AND ECONOMIC GROWTH – CLASSICAL ECONOMIC MODEL.

**AUTHOR\*\***: JAIR ALBERT ANDRADE ORTIZ

**KEYWORDS**: Macroeconomics, System Dynamics, classical economic model, learning tool, prototypes.

In this project is presented the building process of a macroeconomic model made with System Dynamics, based on the classical economic model which is described in the introductory macroeconomics textbooks.

By using the tools that the System Dynamics provide, the underlying concepts of the classical model are integrated, making the complex net of interactions explicit that is inherent to social systems. Furthermore, the conditions in which the model works are visible. In this way, the classical model is contextualized, by recognizing the limitations and restrictions tied to it. From this recognizing, the learning process is improved, due to the student, besides understanding the macroeconomics principles, is able to determine the cases where the model is pertinent, namely distinguish between reality and theory.

Due to the complexity of the model built, an interface is developed using Software Engineering techniques that enables users to interact with key elements of the model. Based on the constructed model and the software interface developed, several alternatives are proposed to learn macroeconomics with the tools of System Dynamics, taking into account the limitations of the public who learns.

Finally, a test of knowledge is applied to students of economics, in order to assess improvement in the learning of macroeconomic concepts by using System Dynamics as a supplementary teaching tool.

---

\* Thesis – Research work.

\*\* Physical Mechanical Engineering Faculty. Systems Engineering and Informatics School. Director: MSc. Hugo Hernando Andrade Sosa. Co-director: MSc. Urbano Eliécer Gómez Prada.



## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	23
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2 JUSTIFICACIÓN	25
1.3 OBJETIVOS	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos	26
2. MARCO REFERENCIAL	27
2.1 MARCO DE ANTECEDENTES	27
2.1.1 Grupo SIMON	27
2.1.2 Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas (CLADS)	28
2.1.3 Congreso Internacional de Dinámica de Sistemas	31
2.1.3.1 2006 - Nijmegen (Holanda)	31
2.1.3.2 2007 - Boston (Estados Unidos)	34
2.1.3.3 2008 - Atenas (Grecia)	35
2.1.3.4 2009 - Albuquerque (Estados Unidos)	36
2.1.3.5 2010 - Seúl (República de Corea)	37
2.1.3.6 2011 - Washington D.C. (Estados Unidos)	39
2.1.4 System Dynamics Review	44

2.1.4.1	The feedback method of teaching macroeconomics: is it effective?	44
2.2	MARCO TEÓRICO	45
2.2.1	Pensamiento Sistémico	45
2.2.2	Dinámica de Sistemas	45
2.2.3	Prototipos de complejidad creciente	48
2.2.4	Herramientas para modelado y simulación	49
2.2.4.1	DYNAMO	49
2.2.4.2	Stella e Ithink	49
2.2.4.3	Powersim	50
2.2.4.4	Vensim	50
2.2.4.5	Evolución 4.1	50
2.2.5	Macroeconomía	50
2.2.6	Ingeniería del software	52
2.2.7	Modelo de proceso	53
2.3	MARCO CONCEPTUAL	53
2.3.1	Dinero	53
2.3.2	Diagrama de influencias	53
2.3.3	Diagrama de Forrester o flujo-nivel	53
2.3.4	Equilibrio general	54
2.3.5	Economía cerrada	54
2.3.6	Inflación	54
2.3.7	Modelo clásico	54
2.3.8	Modelo de equilibrio de mercado	54

3.	METODOLOGÍA	55
3.1	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	55
3.2	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ SOFTWARE	57
4.	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ECONÓMICO CLÁSICO DESDE UNA PERSPECTIVA DINÁMICO-SISTÉMICA	59
4.1	PROTOTIPO 1: PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS	59
4.1.1	Propósito	59
4.1.2	Restricciones	59
4.1.3	Función de producción	59
4.1.3.1	Productividad marginal de los factores	60
4.1.3.2	Rendimientos constantes a escala	60
4.1.3.3	Función Cobb-Douglas	61
4.1.3.4	Relaciones de influencia	61
4.1.3.5	Niveles, flujos y auxiliares	61
4.1.4	Mercado de trabajo	62
4.1.4.1	Demanda de trabajo	62
4.1.4.2	Oferta de trabajo	63
4.1.4.3	Relaciones de influencia	63
4.1.4.4	Niveles, flujos y auxiliares	64
4.1.5	Demanda de capital o inversión	65
4.1.5.1	Relaciones de influencia	66
4.1.5.2	Flujos, niveles y auxiliares	66

4.1.6	Diagrama de influencias – Prototipo 1	67
4.1.7	Diagrama Flujo-Nivel – Prototipo 1	68
4.1.8	Simulaciones	69
4.1.8.1	Comportamiento de la producción ante diferentes niveles de precios	69
4.1.8.2	Comportamiento de la producción ante el crecimiento de la oferta de trabajo	69
4.1.8.3	Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de interés	70
4.1.8.4	Comportamiento del desempleo y los salarios nominales ante diferentes niveles de precios	71
4.1.8.5	Comportamiento del salario real ante diferentes niveles de precios	73
4.1.8.6	Comportamiento del salario real ante desarrollos tecnológicos	74
4.2	PROTOTIPO 2: DEMANDA DE BIENES Y SERVICIOS	75
4.2.1	Propósito	75
4.2.2	Restricciones	75
4.2.3.1	Consumo	76
4.2.3.2	Gasto del gobierno	76
4.2.3.3	Relaciones de influencia	76
4.2.3.4	Niveles, flujos y auxiliares	77
4.2.4	Inversión y los mercados financieros	78
4.2.4.1	Relaciones de influencias	78
4.2.4.2	Niveles, flujos y auxiliares	79
4.2.5	Diagrama de influencias - Prototipo 2	79
4.2.6	Diagrama flujo-nivel - Prototipo 2	80

4.2.7	Simulaciones	81
4.2.7.1	Equilibrio de la oferta agregada y la demanda agregada	81
4.2.7.2	Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de ahorro	83
4.2.7.3	Comportamiento de la producción ante los efectos de la política fiscal	84
4.2.7.4	Comportamiento de la producción per cápita ante el crecimiento de la oferta de trabajo	84
4.2.7.5	Comportamiento de la producción per cápita ante diferentes tasas de ahorro	86
4.2.7.6	Efectos del desarrollo tecnológico en el nivel de vida de las personas	86
4.3	PROTOTIPO 3: DINERO Y VARIACIÓN DE PRECIOS	87
4.3.1	Propósito	88
4.3.2	Restricciones	88
4.3.3	Teoría cuantitativa del dinero	88
4.3.3.1	Irving Fisher: la ecuación de cambio	88
4.3.3.2	Alfred Marshall: la ecuación de saldo efectivo	91
4.3.3.3	Relaciones de influencia	93
4.3.3.4	Niveles, flujos y auxiliares	94
4.3.4	Política monetaria enfocada en la estabilidad de precios	95
4.3.4.1	Relaciones de influencia	96
4.3.4.2	Niveles, flujos y auxiliares	96
4.3.5	Diagrama de influencias – Prototipo 3	97
4.3.6	Diagrama flujo-nivel – Prototipo 3	98
4.3.7	Simulaciones	99

4.3.7.1 Comportamiento de la producción ante el crecimiento de la oferta monetaria	99
4.3.7.2 Comportamiento de los precios ante el crecimiento de la oferta monetaria	100
4.3.7.3 Política monetaria enfocada en la estabilidad de precios	101
4.3.7.4 Comportamiento de la tasa de interés ante el crecimiento de la oferta monetaria	103
4.4 EVALUACIÓN DEL MODELO	105
4.4.1 Pruebas de suficiencia de los límites	105
4.4.1.1 Prototipo 1	105
4.4.1.2 Prototipo 2	106
4.4.1.3 Prototipo 3	107
4.4.2 Pruebas para la evaluación de la estructura	108
4.4.3 Consistencia dimensional	109
4.4.4 Evaluación de parámetros	109
4.4.5 Pruebas de condiciones extremas	111
4.4.6 Pruebas de errores de integración	112
4.4.7 Pruebas de reproducción de comportamiento	113
4.4.8 Pruebas de comportamientos anómalos	114
4.4.9 Pruebas de miembro familiar	115
4.4.10 Pruebas de comportamiento sorpresa	115
4.4.11 Análisis de sensibilidad	116
4.4.12 Pruebas de mejoramiento del sistema	116

5.	INTERFAZ SOFTWARE – SIMONOMICS	117
5.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	117
5.2	ACTORES	118
5.2.1	Especificación	119
5.3	CASOS DE USO	120
5.3.1	Especificación	121
6.	PROPUESTA DE APLICACIÓN	128
6.1	PRIMERA ALTERNATIVA: ENSEÑAR MACROECONOMÍA MEDIANTE LA AYUDA DE UNA INTERFAZ GRÁFICA (SIMULADOR)	128
6.2	SEGUNDA ALTERNATIVA: ENSEÑAR MACROECONOMÍA MEDIANTE LA AYUDA DE UN MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS Y UN SIMULADOR	129
6.3	TERCERA ALTERNATIVA: ENSEÑAR MACROECONOMÍA Y DINÁMICA DE SISTEMAS	130
6.4	CUARTA ALTERNATIVA: RECONSTRUIR LA MACROECONOMÍA DESDE UNA NUEVA PERSPECTIVA	131
7.	EXPERIENCIA DE APLICACIÓN – DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA	133
8.	DIVULGACIÓN	136
9.	CONCLUSIONES	137
10.	RECOMENDACIONES	140
	BIBLIOGRAFÍA	142
	ANEXOS	148

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Límites del prototipo 1	105
Tabla 2. Límites del prototipo 2	106
Tabla 3. Límites del prototipo 3	107
Tabla 4. Evaluación de parámetros	110
Tabla 5. Condiciones extremas	111
Tabla 6. Prueba de errores de integración	113
Tabla 7. Actores	119
Tabla 8. Seleccionar tema	121
Tabla 9. Controlar simulación	124
Tabla 10. Modificar parámetros	125
Tabla 11. Determinar tiempo simulación	125
Tabla 12. Seleccionar pestaña	126
Tabla 13. Ver diagrama influencias	126
Tabla 14. Ver definiciones	127
Tabla 15. Resultados de la primera pregunta	134
Tabla 16. Resultados de la segunda pregunta	134
Tabla 17. Resultados de la tercera pregunta	135
Tabla 18. Resultados de la cuarta pregunta	135



## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Carácter iterativo de las fases de construcción de un modelo	49
Figura 2. El modelado con Dinámica de Sistemas	56
Figura 3. Secuencia de versiones en el modelo evolucionario	57
Figura 4. Diagrama de influencias de los factores de producción	61
Figura 5. Diagrama flujo-nivel de los factores de producción	62
Figura 6. Diagrama de influencias del mercado de trabajo	64
Figura 7. Diagrama flujo-nivel del mercado de trabajo	65
Figura 8. Diagrama de influencias de la demanda de capital o inversión	66
Figura 9. Diagrama flujo-nivel de la demanda de capital o inversión	67
Figura 10. Diagrama de influencias de la producción de bienes y servicios	68
Figura 11. Diagrama flujo-nivel de la producción de bienes y servicios	68
Figura 12. Comportamiento de la producción ante diferentes niveles de precios	69
Figura 13. Comportamiento de la producción ante el crecimiento de la oferta de trabajo	70
Figura 14. Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de interés	71
Figura 15. Comportamiento del salario nominal ante diferentes niveles de precios	72
Figura 16. Comportamiento del desempleo ante diferentes niveles de precios	72
Figura 17. Comportamiento del salario real ante diferentes niveles de precios	73
Figura 18. Comportamiento del salario real ante desarrollos tecnológicos	74

Figura 19. Diagrama de influencias del gasto agregado	77
Figura 20. Diagrama flujo-nivel del gasto agregado	77
Figura 21. Diagrama de influencias del mercado de fondos prestables	79
Figura 22. Diagrama de flujo-nivel del mercado de fondos prestables	79
Figura 23. Diagrama de influencias de la integración de la oferta agregada y la demanda agregada	80
Figura 24. Diagrama flujo-nivel de la integración entre oferta agregada y demanda agregada	81
Figura 25. Comportamiento de la oferta agregada y la demanda agregada	82
Figura 26. Comportamiento de la tasa de interés	82
Figura 27. Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de consumo	83
Figura 28. Comportamiento de la producción ante los efectos de la política fiscal	84
Figura 29. Comportamiento de la producción per cápita ante el crecimiento de la oferta de trabajo	85
Figura 30. Comportamiento de la producción per cápita ante diferentes tasas de ahorro	86
Figura 31. Efectos del desarrollo tecnológico sobre la producción per cápita.	87
Figura 32. Diagrama de influencias de los efectos del dinero en la economía	94
Figura 33. Diagrama flujo-nivel del mercado de dinero	95
Figura 34. Diagrama de influencias de la política monetaria	96
Figura 35. Diagrama flujo-nivel de la política monetaria	97
Figura 36. Diagrama de influencias de los elementos representativos de la economía	98

Figura 37. Diagrama flujo-nivel del prototipo final	99
Figura 38. Comportamiento de la producción ante el crecimiento de dinero	100
Figura 39. Comportamiento del nivel de precios ante el crecimiento de la oferta monetaria	101
Figura 40. Comportamiento de la tasa de crecimiento de la oferta monetaria	102
Figura 41. Comportamiento de la variación de precios ante una política monetaria estabilizadora	102
Figura 42. Tasa de interés real que equilibra el mercado de bienes y servicios	103
Figura 43. Comportamiento de la tasa de interés ante el crecimiento de la oferta monetaria	104
Figura 44. Evaluación de los valores que toman los niveles del modelo	108
Figura 45. Interés real en condiciones extremas	112
Figura 46. Comportamiento anómalo de la producción	114
Figura 47. Comportamiento de la producción en condiciones normales	115
Figura 48. Diagrama de contexto	119
Figura 49. Diagrama de casos de uso	120
Figura 50. P-1	122
Figura 51. P-2	122
Figura 52. P-3	123
Figura 53. P-4	123

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Ecuaciones del primer prototipo: Producción de bienes y servicios	148
Anexo B. Ecuaciones del segundo prototipo: Demanda de bienes y servicios	151
Anexo C. Ecuaciones del tercer prototipo: Dinero y variación de precios	155
Anexo D. Prueba realizada a estudiantes de economía de segundo año acerca de la oferta de bienes y servicios	158

## INTRODUCCIÓN

La economía es un sistema social complejo con un comportamiento difícil de predecir y al mismo tiempo de comprender. Esto se ve reflejado en la cantidad de teorías que existen en la actualidad intentando explicar un mismo fenómeno, lo que ha dado cabida a una variedad de escuelas de pensamiento que no han logrado llegar a un punto de convergencia. Una prueba de ello es que ante las crisis económicas que se han repetido una y otra vez durante las últimas décadas, las acciones adoptadas varían de acuerdo la orientación económica de quien toma las decisiones.

No habría ningún problema, si estas medidas fueran eficaces o por lo menos redujeran el impacto de la crisis, pero en ocasiones el remedio resulta siendo peor que la enfermedad, agravando el problema a niveles insostenibles de pobreza y desempleo.

En este proyecto, primero que todo se quiere explorar si es el marco teórico el responsable de las decisiones erróneas que toman los gobernantes, o es que éstos no están comprendiendo la teoría o peor aún, la están entendiendo el contexto equivocado. Al realizar la revisión de la teoría, se encuentra que en ningún momento se sugiere que haya desempleo o pobreza, por el contrario se fomenta la prosperidad en términos económicos. Por consiguiente, se asume que quienes diseñan las políticas económicas presentan falencias en la comprensión de los principios macroeconómicos, y su vez, diseñan políticas erradas.

Partiendo de este supuesto es que se confecciona el objetivo del proyecto, el cual es mejorar la comprensión de la teoría macroeconómica. Para tal propósito se acude a la ayuda de la Dinámica de Sistemas que brinda la posibilidad de hacer explícitos tanto la estructura como el comportamiento de los sistemas, mediante las herramientas que proporciona.

En consecuencia, se propone representar usando las herramientas de la Dinámica de Sistemas, el modelo económico clásico, debido a que es el modelo que predomina en la enseñanza de los principios macroeconómicos. A partir del proceso de modelado se integran los conceptos del modelo económico clásico en un todo y así, poder observar la compleja red de interacciones que presenta la macroeconomía y comprender su comportamiento.

La representación consta de la descripción teórica que se encuentra en los libros de macroeconomía y los lenguajes de la Dinámica de Sistemas: diagramas de influencias, diagramas flujo-nivel, simulaciones computacionales y ecuaciones diferenciales.

Sin embargo, estas herramientas pueden resultar complejas para personas con habilidades matemáticas básicas. Por lo tanto, se decide desarrollar una interfaz software, que permita a los usuarios interactuar de manera sencilla con las herramientas de la Dinámica de Sistemas.

Con base en la representación hecha del modelo económico clásico y la interfaz software desarrollada, se presentan alternativas de uso, en las cuales se consideran los objetivos de aprendizaje de los estudiantes y las limitaciones en los recursos a las que están sujetos.

Luego, se evalúa una de las alternativas por medio de una experiencia de aplicación real con estudiantes de segundo año de economía, midiendo su desempeño en una prueba de conceptos macroeconómicos.

Finalmente, del trabajo realizado se obtienen las conclusiones y recomendaciones en pro de un mejoramiento continuo del proceso de aprendizaje de los conceptos macroeconómicos.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La crisis del 2008, llamada la “Gran Recesión” (Stiglitz, 2010), ha puesto un manto de duda sobre las concepciones teóricas que han orientado las políticas económicas y, más aún, se culpa a estas concepciones de haber sido responsable de la “Gran Recesión”, que dejó como resultado decenas de millones de personas sin empleo y en la pobreza. Esta concepción teórica es conocida como el modelo clásico. Este modelo ha sido objeto de críticas, especialmente por el nobel de economía, Joseph Stiglitz (Stiglitz, 2010), quien cuestiona a aquellos que la predicán y la defienden como verdad única y absoluta, llamándolos “fundamentalistas del libre mercado”. La base de la crítica de Stiglitz se haya en la cantidad de supuestos asumidos por el modelo clásico, los cuales simplifican la realidad de tal manera que ocasiones los resultados obtenidos son absurdos como por ejemplo la negación del desempleo.

A pesar de los cuestionamientos, el modelo clásico como se observa en los textos introductorios a la macroeconomía de Gregory Mankiw (Mankiw, 2010), Jeffrey Sachs (Larraín, y otros, 2002) y Paul Krugman (Krugman, y otros, 2007), es de gran utilidad para la enseñanza de la macroeconomía, debido a que simplifica la complejidad mediante supuestos de condiciones ideales que permiten al estudiante comprender los elementos básicos de la economía.

Este tipo de modelos es semejante a los modelos usados en la enseñanza de los principios de la mecánica newtoniana. Con el fin de que los estudiantes comprendan los elementos fundamentales de la teoría, se utilizan modelos que operan en condiciones especiales, y a medida que avanzan en los cursos, la complejidad crece a medida que se introducen nuevos conceptos.

Por lo tanto, la utilidad de estos modelos radica principalmente en que facilitan el aprendizaje de los conceptos, en lugar de hacer una representación exacta de la realidad. De ahí la importancia de reconocer la pertinencia de los modelos que se usan. Por ejemplo, de la misma manera que quien diseña un misil no lo debería hacer basado en un modelo de condiciones ideales, ya que se podría poner en peligro vidas humanas, quien diseña una política económica no lo debería hacer basado en un modelo de condiciones ideales que puede llevar a una economía a tener una tasa de desempleo elevada.

Aunque el modelo clásico económico es útil como herramienta pedagógica, la enseñanza tradicional presenta limitaciones que dificulta el aprendizaje de los principios macroeconómicos.

En primer lugar, el modelo clásico carece de un marco de integración debido a que sus elementos fueron desarrollados en un periodo de exploración en el cual la macroeconomía no existía como tal (Blanchard, 2000). Asimismo, la educación tradicional carece de este marco, por lo que aborda la complejidad de la macroeconomía desde un enfoque reduccionista<sup>1</sup>, descomponiendo el todo, tanto cuanto sea posible, en sus partes más sencillas, que se solucionan o se explican más fácilmente. Si bien desde este enfoque es posible comprender puntualmente los conceptos, al ignorar que estos elementos constituyen un todo, se pierde la relación que hay con los demás elementos del sistema, dando como resultado explicaciones limitadas.

De tal manera que es necesario asumir una visión holista del fenómeno económico, integrando los conceptos del modelo clásico, para que el estudiante logre ver una pintura amplia de la macroeconomía, y no sólo unos pequeños pincelazos

Por otra parte, como se observa en los libros introductorios a la macroeconomía mencionados anteriormente, la enseñanza tradicional se hace por medio de gráficas de oferta y demanda, la cual permite entender los conceptos que allí se reflejan pero que son limitadas cuando la complejidad de la teoría es mayor.

A pesar de los supuestos simplificadores usados en el modelo clásico, éste no deja de ser complejo, de modo que la enseñanza tradicional fracciona las explicaciones en gráficas simples de oferta y demanda, las cuales no describen claramente los procesos dinámicos que ocurren en la interacción de dos elementos. Por ejemplo cuando el sistema está en equilibrio y algún shock externo lo aleja de éste, a simple vista no se aprecian las fuerzas que intervienen en el sistema para que retorne a su estado original.

Por consiguiente, la enseñanza tradicional del modelo clásico presenta falencias al momento de contextualizar el modelo, integrar sus elementos y facilitar la comprensión de sus procesos dinámicos. Y es a partir de estas falencias donde la

---

<sup>1</sup> Es el principio que se basa en la creencia de que todas las cosas pueden descomponerse y reducirse a sus elementos fundamentales simples, que constituyen sus unidades indivisibles (Chiavenato, 2007).



Dinámica de Sistemas puede jugar un rol que complemente la enseñanza tradicional, facilitando a los estudiantes la comprensión de los fenómenos macroeconómicos.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La propuesta de abordar el modelo económico clásico desde una perspectiva dinámico-sistémica se hace con el propósito de complementar y mejorar la enseñanza tradicional de los principios macroeconómicos.

El aporte de la Dinámica Sistemas (DS) se fundamenta en su interés de comprender la complejidad dinámica de los sistemas por medio de la metodología para modelar que provee, enfocada en explicar la estructura de los fenómenos que se intenta representar. A través del proceso de construcción del modelo, se relacionan e integran los elementos del sistema, se descubren las estructuras de realimentación y las limitaciones que presenta la teoría.

Sin embargo se podría inferir que este proceso de modelado requiere habilidades matemáticas avanzadas, lo que podría ser el palo en la rueda en el proceso de aprendizaje, lo cual no sucede con la DS. Esto se debe a que quien hace uso de ella, requiere simplemente entender conceptos elementales tales como relaciones de influencia, flujos, niveles, entre otros, que son familiares a su entorno. Por ejemplo por medio de un diagrama de influencias se puede explicar la estructura del sistema-modelo que explica un fenómeno, en este caso comprender por qué los sistemas retornan a su equilibrio, después de que un shock externo afecta al sistema, y más aún, las condiciones que se deben dar para que suceda.

De esta manera la enseñanza tradicional se complementa y se mejora, dado que mediante el uso de las herramientas de la DS se integran los conceptos de la macroeconomía, en donde el estudiante a medida que avanza en su aprendizaje tiene en cuenta que cada elemento hace parte de una totalidad. Por otro lado, el estudiante al apreciar la estructura del sistema ya no sólo explica qué sucede sino por qué sucede. Finalmente, al comprender la estructura del sistema el estudiante puede determinar en qué casos la teoría es compatible con la realidad. Por lo tanto, la teoría deja de ser una receta para convertirse en un modelo guía que orienta a las personas que hacen las políticas económicas, las cuales determinan si el modelo económico clásico es pertinente con el entorno.

## 1.3 OBJETIVOS

**1.3.1 Objetivo general.** Construir un prototipo de modelo de macroeconomía con dinámica de sistemas, basado en el modelo económico clásico, para mejorar la comprensión de la formulación de políticas monetarias enfocadas en el crecimiento económico y la estabilidad de los precios.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Recrear la formulación de políticas monetarias basadas en el modelo clásico económico, enfocadas en el crecimiento económico y la estabilidad de precios, por medio de prototipos de modelos de complejidad y cobertura creciente, construidos con dinámica de sistemas.
- Implementar el modelo en un ambiente software de simulación que facilite al usuario final la comprensión de la dinámica económica a través de la interacción con los siguientes elementos:
  - Diagramas de influencias que representen los elementos (y las relaciones entre ellos) de la economía involucrados en la formulación de políticas monetarias con base en el modelo clásico económico, con el fin de proporcionar una herramienta de aprendizaje que no requiera de aplicaciones matemáticas avanzadas y que permita explicar cualitativamente la dinámica de la economía afectada por el uso de instrumentos monetarios.
  - Un diagrama flujo-nivel que permita formalizar el modelo a través del soporte matemático que proporcionan las ecuaciones diferenciales.
  - Una interfaz de simulación que permita ver el comportamiento de las diferentes variables del sistema en los escenarios que el usuario desee evaluar con el fin de obtener conclusiones con respecto de las hipótesis asumidas.
- Mediante una experiencia de aplicación con estudiantes de economía verificar la utilidad del modelo para los propósitos señalados y la funcionalidad de la plataforma software.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO DE ANTECEDENTES

La economía es objeto de interés del común, sin importar la atención prestada sobre ella, ésta afecta los aspectos rutinarios de la vida de cada ser humano. La política fiscal aplicada por el Gobierno Central; la política monetaria efectuada por el Banco Central; las importaciones y exportaciones; los créditos realizados en el exterior, en conjunto afectan productos cotidianos como el precio pagado por los alimentos o el precio pagado por el transporte.

Por consiguiente, la comunidad científica dedica esfuerzos en investigaciones con el fin de enriquecer el conocimiento sobre los aspectos económicos, enfocados en mejorar el bienestar de las personas. Entre esos esfuerzos se encuentran los trabajos que integran la Dinámica de Sistemas y la teoría económica. A continuación se realiza una revisión de los trabajos realizados en el grupo SIMON, que cimentaron las bases de este proyecto, así como también trabajos nacionales e internacionales que reportan investigaciones sobre macroeconomía, crecimiento económico y política monetaria desde un punto de vista dinámico-sistémico.

**2.1.1 Grupo SIMON.** El grupo SIMON de investigación de la Universidad Industrial de Santander, tiene como objetivo innovar y mejorar la educación, amparado por el paradigma del Pensamiento Sistémico. Bajo este paradigma se quiere ampliar el espectro del conocimiento, y que éste no sólo abarque a un grupo reducido de expertos, sino a comunidades enteras con diferentes perspectivas, las cuales puedan enriquecer el espacio académico.

Por este motivo en el grupo SIMON se ha trabajado en la investigación de herramientas pedagógicas que complementen la enseñanza tradicional con el propósito de incentivar en el estudiante el deseo de aprender.

Producto de esta investigación, se destacan los proyectos realizados en el ámbito económico, en donde se recrean diversas teorías económicas por medio de la Dinámica de Sistemas. Mediante la colaboración interdisciplinaria de estudiantes de economía e ingeniería de sistemas se hicieron tesis de pregrado, en las cuales se abordaron el crecimiento de Harrod (Gómez, y otros, 2007), el modelo Ricardiano (León, y otros, 2005) y la perspectiva Malthusiana (Alfonso, y otros, 2007). Sin embargo, de éste último y de los trabajos realizados por Ricardo

Jaimes y Jaime Mejía sobre el modelamiento de fenómenos económicos basado en la teoría Keynesiana (Jaimes, y otros, 1997), Eliécer Pineda y Adriana Lizcano sobre el ciclo económico de Adam Smith (Lizcano, y otros, 2000), se resalta un aporte adicional, el cual es brindar la posibilidad a un público con habilidades matemáticas básicas, interactuar con modelos construidos con DS, permitiéndoles evaluar sus modelos mentales a través de la simulación computacional de los elementos del modelo en diferentes escenarios, obteniendo conclusiones por medio de la confrontación entre los resultados obtenidos y los resultados esperados.

No obstante, hasta el momento la macroeconomía aún no había sido abordada en los proyectos de investigación del grupo SIMON.

### **2.1.2 Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas (CLADS).**

Tomando los últimos cinco Congresos Latinoamericanos de Dinámica de Sistemas (2007-2011), se realiza una revisión en busca de trabajos relacionados con el presente proyecto. De cada uno de ellos se presenta una visión general.

- **Comparación de escuelas de pensamiento económico con diagramas de bucle causal** (Schaffernicht, 2009)

Este trabajo reporta un intento de hacer estudiar la macroeconomía de modo que se puedan construir modelos mentales diferenciados por las escuelas de pensamiento Neoclásica, Keynesiana y Monetarista, en el marco de un curso de introducción a la macroeconomía. En el estudio de estas escuelas de pensamiento, se hace énfasis en los aspectos dinámicos de la macroeconomía, mediante el uso de diagramas de bucle causal (diagramas de influencias).

Para comenzar, se presentan las ecuaciones que son usadas para comparar cada escuela de pensamiento. Se compara tanto la diferencia por variables como por bucles de realimentación, teniendo en cuenta polaridad, existencia (niveles) y retrasos (retardos).

Luego, se construye un diagrama de bucles de realimentación para cada escuela de pensamiento con el fin de realizar las comparaciones respectivas, de las cuales se obtiene la cantidad de variables propias a cada diagrama y la cantidad de variables que comparte con los demás diagramas. Además se realiza una

comparación de los bucles de realimentación propios a cada diagrama y los que se comparten con otros.

Finalmente, se aplican las ecuaciones definidas al principio del trabajo del cual se obtienen valores cuantitativos que miden las diferencias entre cada escuela de pensamiento.

En este trabajo sobre la enseñanza de la macroeconomía, el autor destaca que los medios tradicionales dan énfasis a las condiciones de equilibrio; no obstante, son los procesos dinámicos los que deben interesar cuando se trata acerca de la estabilidad de un sistema económico. Un segundo problema surge cuando la forma de presentar invita a creer que algo existe, como el modelo de la macroeconomía, y que por el contrario, es una representación que busca comprender la realidad.

En consecuencia, el autor concluye que la representación por medio de diagramas de bucle causal es compacta, y a partir de éstos, es posible constatar las zonas de similitud entre las escuelas de pensamiento económico; pero aún más valioso, es posible constatar las áreas que hacen única a cada una.

- **Simulaciones de crecimiento económico colombiano con Dinámica de Sistemas** (Gómez, y otros, 2010)

El objetivo de este trabajo es ilustrar posibles comportamientos del PIB y las variables asociadas a él (desempleo, consumo e inversión) a través de un modelo de Dinámica de Sistemas, el cual permita agregar las decisiones de los agentes y ver sus comportamientos (reflejados en el PIB) de forma dinámica.

Primero, se realiza una revisión de la evolución de las mediciones del PIB y su crecimiento hasta llegar a las metodologías usadas en la actualidad. Estas mediciones son: la renta o remuneración a los asalariados, la oferta o valor agregado y la demanda de bienes y servicios de una economía. Las tres formas de medición son consideradas identidades macroeconómicas que reflejan el tipo de estructura económica de los países.

Una vez hecha la revisión de los conceptos de la macroeconomía, se procede a construir un modelo con Dinámica de Sistemas que involucra a tres actores: los hogares, las empresas y el Gobierno. Para cada actor, se construye un diagrama de influencias que representa los flujos de caja de cada uno de ellos.

Con el modelo construido se evalúa el comportamiento en cinco escenarios diferentes de las siguientes variables: el desempleo, el consumo, la inversión, las exportaciones y el crecimiento del PIB. Cada escenario se basa en políticas asumidas por parte del gobierno central.

El autor concluye que el papel del Gobierno consiste, no en el asistencialismo o intervención social que genere riesgo moral, sino más bien en la formulación e implementación de incentivos que generen transformación desde el accionar de la sociedad. Dichos incentivos son la facilidad, la investigación y desarrollo, el aprendizaje, la elaboración de un marco institucional que permita el fortalecimiento y desenvolvimiento armonioso de los mercados, y estrategias de inserción en la globalización.

- **Modelo macroeconómico, institucional y sustentable, basado en Dinámica de Sistemas para la economía colombiana – borrador** (Parada, 2010)

El principal objetivo de este trabajo es construir un modelo macroeconómico combine los aspectos económicos y las variables ambientales, sociales y políticas que afectan el comportamiento de la economía colombiana. Este modelo permitirá simular diferentes escenarios de acuerdo al análisis prospectivo de la situación actual y así, evaluar diferentes alternativas en la perspectiva de Colombia 2019.

En este congreso se presentan los avances realizados, debido a que la construcción del modelo no se ha completado. Dentro de los avances, se define la estructura del modelo, la cual consta de tres sectores que se relacionan entre sí: economía, sociedad y medio ambiente.

El componente de la economía está basado en supuestos post keynesianos donde el tiempo, la moneda y la incertidumbre son los elementos que gobiernan el estado presente de las cosas y la dirección de los cambios potenciales. En la construcción de este sector, se realizan diagramas de influencia basados en el sistema de cuentas nacionales de los diferentes subcomponentes macroeconómicos. Aún se encuentra en proceso de elaboración, las ecuaciones a introducir en el modelo, y sólo se han realizado simulaciones de subcomponentes aislados como el de población.

El objetivo del componente ambiental del modelo es introducir en el campo de la modelación económica, alternativas metodológicas que permitan incorporar a los modelos tradicionales el efecto que sobre el medio ambiente impone la expansión

de la actividad económica más allá de la capacidad de carga y de asimilación del ambiente que la soporta. El modelo, aún en evaluación, consta de cuatro variables principales: área para la actividad económica, productividad del suelo, polución y recursos naturales.

El componente político-social se construye centrándose en tres subcomponentes:

- El subcomponente de violencia, conflicto político armado y narcotráfico;
- El subcomponente de democracia, participación y actores políticos;
- El subcomponente de luchas, movimientos y conflictos sociales.

Actualmente se está trabajando en el diagrama flujo-nivel, en la construcción de las ecuaciones y la incidencia del primer subcomponente frente a las variables económicas.

**2.1.3 Congreso Internacional de Dinámica de Sistemas.** A continuación se muestra una visión general de una recopilación de trabajos que integran la Dinámica de Sistemas con la macroeconomía, presentados durante el periodo 2006-2011, en el Congreso Internacional de Dinámica de Sistemas (en inglés: '*International Conference of System Dynamics*') organizado por la Sociedad de Dinámica de Sistemas (en inglés '*System Dynamics Society*'<sup>2</sup>).

#### **2.1.3.1 2006 - Nijmegen (Holanda)**

- **Implications of Dynamic Decision Making Research on Monetary Policy Making at the Federal Reserve** (Kim, 2006)

El objetivo de este trabajo acerca de la toma de decisiones dinámicas<sup>3</sup> (DDM por sus siglas en inglés) es ampliar la comprensión de los comportamientos en la toma

---

<sup>2</sup> System Dynamics Society es una organización internacional sin ánimo de lucro, dedicada a fomentar el desarrollo y uso de la dinámica de sistemas y el pensamiento sistémico alrededor del mundo.

<sup>3</sup> Es una serie de decisiones bajo condiciones en las cuales las decisiones no son independientes, donde el estado del mundo cambia, tanto de forma autónoma y, como consecuencia de las acciones de quien toma las decisiones, y éstas se tienen que hacer en tiempo real (Brehmer, 1992).

de decisiones monetarias, y tratar la cuestión de la validez externa de los resultados de DDM obtenidos en el laboratorio, así como para sugerir en un futuro nuevas áreas de investigación de DDM.

En este trabajo se examinan las implicaciones de los hallazgos conseguidos en el laboratorio sobre un caso real: Los comportamientos de los miembros de la Reserva Federal en la toma de decisiones monetarias. Ya que la política monetaria es una tarea típica de DDM, en este trabajo las teorías de DDM se utilizan como marco de referencia.

Primero, se identifican los factores que pueden influir en el desempeño de las decisiones monetarias usando la teoría de DDM. Después, se compara el comportamiento de los miembros de la Reserva Federal con el comportamiento predicho por las teorías de DDM.

Entre las conclusiones obtenidas, se destaca que este trabajo mostró que los miembros de la Reserva Federal son conscientes de sus limitaciones como responsables de la toma de decisiones, y en lugar de ignorar la complejidad o encerrarse en sus propios modelos mentales, y optar por soluciones rápidas, se esfuerzan por comprender la complejidad a la que se ven envueltos, donde procuran por hacer lo mejor de acuerdo con sus capacidades, tomando como insumo la experiencia que han acumulado durante su trayectoria académica y profesional.

- **Feedback Processes in Economic Growth: Relations between Hours Worked and Labour Productivity** (Soto Torres, y otros, 2006)

El objetivo de este trabajo es analizar la dinámica que surge de las interrelaciones entre las variables que determinan el crecimiento económico y el desarrollo de los países, según la literatura económica.

Para alcanzar ese propósito, se construye un modelo de dinámica de sistemas. Su estructura es consistente con las influencias causales entre las variables, que favorecen la acumulación de capital físico y humano, así como el cambio tecnológico.

Las relaciones entre las variables se soportan principalmente en los trabajos realizados por Peretto y Kosempel, que analizaron una economía cuyas



características generales que ya se habían presentado en la investigación de Romer.

Una vez que el modelo es capaz de producir resultados, se propone un análisis de simulación para el estudio de un debate emergente en la Unión Europea (UE) sobre la eficacia de largas horas de trabajo, en particular con respecto a los aumentos de productividad.

El modelo confirma por qué el ahorro, junto con una decidida política de inversiones en I + D genera un crecimiento económico sostenido. La influencia de los ciclos de realimentación positiva explica por qué la tasa de crecimiento económico en el largo plazo tiende a una situación estacionaria, independientemente de las economías, si presentan preferencias y estructuras similares. De esta manera, ciertos hechos empíricos son verificados por el modelo.

- **Integration of Real and Monetary Sectors with Labor Market – SD Macroeconomic Modeling (3)** (Yamaguchi, 2006)

Este es el tercer artículo de una serie de modelado macroeconómico que intenta recrear la dinámica macroeconómica con base en el principio de ‘la dinámica de sistemas contable’ (*accounting system dynamics* en inglés) desarrollada por el autor.

El objetivo de este trabajo es integrar los modelos que representan el sector real y el sector monetario de la economía, que fueron construidos en trabajos anteriores. El modelo integrado apunta a ser un modelo genérico del cual surgen diversos comportamientos macroeconómicos usando una misma estructura.

De los modelos construidos previamente, se extraen los siguientes sectores: ‘productores’, ‘consumidores’, ‘gobierno’, ‘bancos’ y ‘Banco Central’. Éstos son integrados con dos nuevos sectores: población y mercado laboral. Además, varias mejoras se realizan a los modelos previos, entre las que se encuentra la distinción entre variables reales y nominales, como por ejemplo la tasa de interés real y nominal. Por otro lado, se agrega la función de producción Cobb-Douglas que permite la formación de una nueva función de inversión y una función de demanda de trabajo.

A partir de este modelo, se discuten diversos comportamientos que genera el modelo: el equilibrio entre producción potencial y demanda agregada, los ciclos económicos y la acumulación de deuda pública.

### 2.1.3.2 2007 - Boston (Estados Unidos)

- **Understanding Recent Developments in Growth (Weber, 2007)**

El objetivo de este trabajo es ofrecer una visión general acerca de las teorías de crecimiento del lado de la oferta, también llamadas teorías endógenas o nueva teoría del crecimiento.

Se empieza con una revisión del modelo desarrollado por Robert Solow que sirve de base para ser comparado con los modelos de Rebelo o AK, el modelo Uzawa-Lucas, el modelo de Romer y el modelo de Jones.

Para cada modelo se construye un diagrama de flujo-nivel, en el cual se resaltan los factores de producción y los ciclos de realimentación positiva presentes en cada uno de ellos. A partir de los diagramas construidos, se resaltan las características que hacen único a cada modelo.

Las construcciones de los modelos de Solow, AK y Uzawa-Lucas se presentan como representaciones de los enfoques de capital humano mientras que el modelo de Romer fue empleado como un ejemplo de modelos de I+D. Finalmente, el modelo de Jones representa un tipo de síntesis de las corrientes de la nueva teoría del crecimiento. Las ideas de teorías de capital humano y los modelos de I+D fueron conectados. Dado que el objetivo de este trabajo es presentar la visión general de cada modelo, las representaciones matemáticas se llevaron a cabo de una manera limitada.

- **Balance of Payments and Foreign Exchange Dynamics – SD Macroeconomic Modeling (4) (Yamaguchi, 2007)**

Este es el cuarto artículo de una serie de modelado macroeconómico que intenta recrear la dinámica macroeconómica con base en el principio de 'la dinámica de sistemas contable' (*accounting system dynamics* en inglés) desarrollada por el autor.

El objetivo de este trabajo es modelar la determinación dinámica de la tasa de cambio en una macroeconomía abierta, en la cual bienes y servicios son libremente comerciados y el capital financiero fluye eficientemente hacia las tasas de retorno más altas.

Contrario al método empleado en los libros estándar de economía internacional, el sector extranjero se trata más como un sector económico, adjunto a la macroeconomía doméstica. Por el contrario, se integra una macroeconomía doméstica que funciona como espejo, con el fin de observar la interacción entre dos macroeconomías. En consecuencia, el enfoque de este trabajo guiado por la lógica de la dinámica de sistemas contable se convierte en un enfoque completamente nuevo en el campo de la economía internacional.

En este marco, se modela una contabilidad por partida doble de la balanza de pagos. A continuación, los determinantes del comercio, la inversión directa extranjera y la inversión financiera son analíticamente examinados junto con la presentación de las ecuaciones diferenciales de la tasa de cambio extranjera y de la tasa de cambio extranjera esperada.

Cuando el modelo cumple los objetivos planteados, ocho escenarios son creados y examinados por medio de simulaciones con el propósito de obtener comportamientos observados en el comercio internacional actual y en la inversión financiera actual. Es sorprendente ver como el estado de equilibrio de la balanza comercial se altera fácilmente por la simple introducción de expectativas al azar entre los inversores financieros, bajo la hipótesis de mercados financieros eficientes. Adicionalmente, para indicar la capacidad del modelo se discute tanto el impacto de la intervención oficial en la tasa de cambio, como una política de *laissez-faire*, es decir, de no intervención.

Por último, se señalan varios ciclos de realimentación faltantes para completar el modelo de una macroeconomía abierta que da la posibilidad a un nuevo trabajo.

### **2.1.3.3 2008 - Atenas (Grecia)**

- **Open Macroeconomies as A Closed Economic System – SD Macroeconomic Modeling Completed** (Yamaguchi, 2008)

Este es el quinto artículo que completa una serie de modelado macroeconómico que intenta recrear la dinámica macroeconómica con base en el principio de 'la dinámica de sistemas contable' (*accounting system dynamics* en inglés) desarrollada por el autor.

El objetivo de este trabajo es expandir los sectores integrados de la economía (monetario y real) hacia una macroeconomía abierta de acuerdo al trabajo realizado con respecto a la determinación dinámica de la tasa de cambio.

El resultado obtenido provee un modelo genérico completo de macroeconomías abiertas como un sistema cerrado, el cual consiste de dos economías en donde la economía extranjera es una imagen de la economía doméstica.

Como demostración de la capacidad analítica del modelo, un caso de crisis crediticia es examinado con el fin de mostrar cómo los comportamientos de la macroeconomía doméstica afectan la macroeconomía extranjera a través del comercio y de los flujos de capital financiero.

Después de haber completado el modelado, emergen tres posibilidades de aplicación del trabajo realizado:

- Unificar los diferentes puntos de vista de la macroeconomía.
- Modelar las economías de Japón y Estados Unidos.
- Ser usado como un sistema nacional de cuentas.

Finalmente, a partir de este trabajo que abierta la posibilidad de nuevas mejoras al modelo y la opción de una revisión por parte de macroeconomistas y expertos en Dinámica de Sistemas, que puedan realizar contribuciones en este campo.

#### **2.1.3.4 2009 - Albuquerque (Estados Unidos)**

- **System Dynamics and the role of History in economic growth theory**  
(Bueno, 2009)

El objetivo de este trabajo es argumentar que la Dinámica de Sistemas, debido a su metodología flexible, puede ser un instrumento que ayude a tender un puente entre los estudios de la historia del crecimiento económico y la teoría neoclásica del crecimiento.

Primero se presenta un marco de antecedentes histórico de la teoría del crecimiento endógeno, que es quizás una de las interpretaciones modernas más atractivas disponibles del proceso de crecimiento.

A continuación, un modelo simple de crecimiento endógeno es presentado y representado en términos de Dinámica de Sistemas, el cual explica el crecimiento

moderno sin recurrir a la hipótesis en la que una singularidad histórica haya sido necesaria para desencadenar el proceso.

Finalmente, el modelo simple de crecimiento es ampliado con el propósito de evaluar el nivel de influencia de los diferentes ciclos de realimentación presentes en el proceso de crecimiento económico.

Como conclusión de este trabajo se sugiere que la Dinámica de Sistemas es una herramienta complementaria que facilita la comprensión del proceso de crecimiento económico, el cual puede ser mejorado en los países menos desarrollados.

#### **2.1.3.5 2010 - Seúl (República de Corea)**

- **Dynamics in economic growth: A perspective from System Dynamics**  
(Soto Torres, y otros, 2010)

El objetivo de este trabajo es construir un modelo dinámico para abordar el crecimiento económico heterogéneo de los países. La construcción del modelo se basa en una estructura de realimentación que se obtiene teniendo en cuenta las interrelaciones que surgen entre ciertas acciones llevadas a cabo por tres agentes de una economía pequeña y abierta: consumidores, empresas y un gobierno.

Específicamente, la estructura causal obtenida muestra que los consumidores toman decisiones acerca de la acumulación de capital humano y físico. Las decisiones de los consumidores están relacionadas con el sistema productivo en el que se genera una producción y se establecen los salarios. Finalmente, se considera un gobierno que cobra impuestos para alcanzar diferentes objetivos tales como subsidiar la educación, subsidiar a los desempleados y otros beneficios sociales, e incluso, los impuestos podrían ser empleados para lograr el enriquecimiento propio en caso de que el gobierno sea corrupto.

Como resultado de las simulaciones del modelo en un ambiente computacional, se concluye que la política de mantener una alta tasa de impuestos conlleva tres consecuencias. En primer lugar, la política implica una baja relación capital-trabajo que deprime la producción. En segundo lugar, existe un mayor riesgo de corrupción gubernamental y, por último, un aumento de los impuestos no implica una mejor distribución de la riqueza. Los resultados sugieren que el subsidio de educación conduce a aumentar el nivel de habilidad de los trabajadores, pero

continúan las desigualdades en la riqueza. La población no muestra una mejora perceptible de la riqueza con las políticas gubernamentales implementadas; la única riqueza aumenta cuando la situación económica del entorno es muy buena.

Finalmente, parece importante resaltar que si el gobierno es corrupto, el subsidio de educación disminuye las desigualdades de la habilidad de los trabajadores, pero la mejora no es suficiente para permitir que haya suficiente gente educada que procure por un nuevo partido político en el poder.

- **On the Liquidation of Government Debt under A Debt-Free Money System – Modeling the American Monetary Act** (Yamaguchi, 2010)

Los objetivos de este trabajo son:

- Confirmar el hecho de la acumulación de deuda del gobierno se basa en el sistema macroeconómico Keynesiano de dinero como deuda.
- Construir un modelo macroeconómico libre de deuda, el cual incorpore las siguientes características: control gubernamental sobre la emisión de dinero; abolición de la creación de crédito; y la constante afluencia de dinero para apoyar el crecimiento económico y la prosperidad. Con base en este modelo se examina si esta alternativa puede ayudar a liquidar la deuda del gobierno.

En primer lugar, se realiza la revisión de un modelo macroeconómico hecho por el autor, el cual se basa en los textos de macroeconomía usados en la enseñanza de esta materia. Este modelo consta de cinco sectores: productores, consumidores, bancos, gobierno y Banco Central. Mediante simulaciones computacionales del mismo, se examina el comportamiento de la deuda en un sistema de dinero como deuda. Los resultados indican que a pesar de que la economía consigue el equilibrio macroeconómico, es decir, la producción potencial, la producción deseada y la demanda agregada son iguales; el nivel de deuda con el paso del tiempo se torna insostenible por lo cual gobierno debe aplicar medidas de recorte de gastos, lo cual conlleva a recesiones económicas. En conclusión, el dinero como deuda es una fuente de inestabilidad.

Debido a los resultados negativos obtenidos del modelo de dinero como deuda (el cual es implementado en la mayoría de los países), se procede a evaluar una alternativa diferente. Por tal razón, se construye un modelo macroeconómico basado en Acto Monetario Americano (*American Monetary Act* en inglés) el cual

propone incorporar el Banco Central en el gobierno y abolir la reserva fraccional del sistema bancario, o lo que es lo mismo, que las reservas bancarias sean del ciento por ciento, por lo que no hay creación secundaria de dinero. Este sistema es denominado por el autor como un sistema de dinero libre de deuda, cuyo dinero emitido juega el rol de medio de cambio de utilidad pública.

Una vez construido el modelo de dinero libre de deuda, se evalúan diferentes comportamientos del modelo con el fin de contrastarlos con el modelo de dinero como deuda. Los resultados indican que el primero consigue un mayor crecimiento económico al mismo tiempo que el gobierno mantiene el presupuesto equilibrado, además de una inflación controlada. Por último, se examinan los posibles inconvenientes que puede presentar el modelo de dinero libre de deuda y sus posibles soluciones.

En conclusión, se sugiere la implementación en las economías del sistema de dinero libre de deuda, ya que éste podría evitar la acumulación de deuda gubernamental, la distribución inequitativa del ingreso, la repetición de crisis financieras, las guerras y la destrucción del medio ambiente.

### **2.1.3.6 2011 - Washington D.C. (Estados Unidos)**

- **A System Dynamics Approach to Macroeconomic Policy Evaluation - The Case of the German Debt Brake** (John, 2011)

El objetivo de este trabajo es soportar la política económica, señalando los efectos colaterales de la aplicación de una regla de deuda. Este trabajo se concentra en dos aspectos: Primero, en demostrar que la regla de deuda alemana o freno de la deuda es menos transparente de lo que se ha dicho. Segundo y aún más problemático, que existen efectos sobre algunos estados alemanes, los cuales son económicamente devastadores a menos que la regla de deuda sea alterada o abolida.

Para comenzar, se presenta una breve visión general del endeudamiento en varios países industrializados, con el propósito de recordar la relevancia internacional del problema, enfatizando en los problemas de la Eurozona. Además se presentan las causas y consecuencias del endeudamiento público desde el punto de vista de las ciencias económicas. Luego se explica cómo funciona la regla de deuda alemana (también llamada freno de deuda alemán).

Por último, mediante un análisis cualitativo de Dinámica de Sistemas, se recrea la complejidad de la regla de deuda y se identifican sus efectos colaterales. A partir de eso, se resaltan los efectos colaterales en lo que se ven involucrados los estados alemanes, con base en el estudio del estado alemán 'Saarland', usando como soporte simulaciones computacionales, de las cuales se obtienen resultados cuantitativos.

Se concluye que el freno de la deuda no sólo es relevante para el gobierno central sino también para los gobiernos estatales. Un enfoque Dinámica de Sistemas cualitativo revela las deficiencias importantes del freno de la deuda alemana con respecto a los problemas estructurales subyacentes que causan el déficit de algunos de los estados alemanes. El caso del estado alemán 'Saarland' revela que éste no tiene control alguno sobre la renta (vía impuestos), por lo que la reducción de la deuda se debe hacer por el lado del gasto. Por lo tanto, el rubro que se ve afectado por esta situación es la inversión. Como consecuencia a largo plazo, el freno de deuda puede socavar el crecimiento económico y asimismo, la renta de 'Saarland'. Por el lado del gobierno central, la regla de deuda tiene poca relevancia ya que desde su adopción la tasa de interés no se ha visto sustancialmente afectada. Sin embargo, por el lado del crecimiento económico y el desempleo sí pueden existir efectos negativos, ya que como se mencionó anteriormente, la reducción de la inversión por parte de los gobiernos estatales conlleva una menor producción en el largo plazo.

- **Development of System Dynamic Model of Latvia's Economic Integration in the EU (Skribans, 2011)**

El propósito de este trabajo es investigar la influencia de los procesos de integración internacional en el desarrollo de la economía de Letonia. El sujeto de investigación es el cambio de la economía letona como resultado de su inclusión en la Unión Europea. Para conseguir el objetivo propuesto se definen las siguientes tareas:

- Construir un modelo usando Dinámica de Sistemas, el cual muestre las relaciones de influencia de los procesos de integración en la economía de Letonia.
- Presentar el esquema general del modelo construido, con el propósito de mostrar sus estructuras de realimentación y sus diagramas de flujo-nivel.



- Construir un modelo de Dinámica de Sistemas, el cual muestre la reacción de la economía letona a la integración internacional.
- Evaluar los modelos y analizar diversas variantes del desarrollo de la situación.

El estudio utiliza tanto métodos tradicionales como matemáticos, estadísticos, económicos y métodos econométricos de análisis, tales como las tendencias de series de tiempo, métodos de regresión, y métodos de modelado específico – método de Dinámica de Sistemas.

De las simulaciones realizadas se obtienen conclusiones importantes. Una de ellas es que una alta propensión a la migración de la fuerza laboral letona, resulta en un crecimiento económico menor dado que hay menor cantidad de factores de producción. Por otro lado, se observa que los subsidios otorgados por la Unión Europea son insuficientes en la contribución al desarrollo del país. Finalmente se observa un potencial para fomentar la producción con base en las exportaciones. Sin embargo, éste se ve limitado por los objetivos trazados en la política económica del país.

- **Workings of A Public Money System of Open Macroeconomies - Modeling the American Monetary Act Completed** (Yamaguchi, 2011)

El objetivo de este trabajo es expandir el modelo macroeconómico simple del trabajo anterior a un sistema macroeconómico abierto y completo, en el cual el mercado laboral y el mercado de divisas son incorporados. A partir de la construcción de este modelo, se analiza si se pueden obtener resultados similares a los conseguidos en el trabajo anterior, en un modelo de macroeconomías abiertas con un sistema de dinero como deuda y con un sistema de dinero libre de deuda.

Para comenzar, se revisan las definiciones del término “dinero” y sus características. A continuación, se exploran los dos modelos del control de la oferta monetaria en una economía: el modelo de dinero como deuda, implementado actualmente por la mayoría de los países, y un modelo alternativo, el modelo de dinero libre de deuda.

Después de definir el concepto de dinero y los modelos de oferta monetaria, se presenta un análisis del sistema monetario actual, en donde se resaltan sus fallas

por medio de los ciclos de realimentación positiva que pueden dar como resultado crisis financieras, impagos e hiperinflaciones.

Con base en el análisis cualitativo realizado, se procede a hacer un análisis cuantitativo del sistema de dinero como deuda en una macroeconomía abierta, el cual se construyó en trabajos anteriores por el mismo autor. Los resultados de las simulaciones de este modelo, indican que bajo el actual modelo, el gobierno en su ejercicio debe responder ante crisis económicas mediante medidas Keynesianas, es decir, aumentando el gasto por medio de endeudamiento, lo cual da como resultado un incremento insostenible de la deuda. Por consiguiente, el gobierno debe reducir su déficit ya sea elevando los impuestos o recortando el gasto, lo que conlleva a recesiones económicas tanto en la macroeconomía doméstica como en la macroeconomía extranjera.

Evaluated el modelo de dinero como deuda, se evalúa el modelo de dinero libre de deuda en una macroeconomía abierta. Por tal razón, el modelo hecho con Dinámica de Sistemas se modifica de acuerdo con el Acto Monetario Americano (*American Monetary Act* en inglés) el cual propone incorporar el Banco Central en el gobierno y abolir la reserva fraccional del sistema bancario, o lo que es lo mismo, que las reservas bancarias sean del ciento por ciento, por lo que no hay creación secundaria de dinero. Los resultados de las simulaciones indican que las macroeconomías doméstica y extranjera consiguen un mayor crecimiento económico, la deuda se mantiene en un nivel óptimo para el gobierno, no se desencadenan recesiones económicas y la inflación es controlada.

En conclusión, la alternativa del modelo de dinero libre de deuda parece una medida que vale la pena ser implementada si se desean evitar las crisis de deuda del gobierno como también las crisis financieras.

- **A System Dynamics Approach to the Regional Macro-economic Model**  
(Yamashita, 2011)

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo dinámico-sistémico de la economía regional de la prefectura Shizuoka (Japón) en donde la población está disminuyendo. Este trabajo se hace bajo la metodología de la Dinámica de Sistema porque:

- Usando los conceptos de flujo y nivel es conveniente modelar el cambio de la estructura de la población y la estructura industrial.

- Es cómodo modelar las expresiones relacionales no-lineales.
- Existe un área en la que los datos de series de tiempo no han sido totalmente suministrados en las estadísticas regionales.

El modelo económico regional desarrollado consta de tres sectores: población, mercado de trabajo y economía. Las estimaciones de la población se hacen usando el método de cohorte-componente. Las estimaciones del mercado de trabajo se hacen dividiendo la población en grupos generacionales, en donde la fuerza laboral es empleada en diversos sectores de la industria.

El sector de la economía se modela usando un enfoque Keynesiano el cual se divide en dos componentes: oferta y demanda. La demanda está compuesta por los siguientes rubros: gasto de consumo final privado, formación bruta de capital fijo privado, formación bruta de capital fijo estatal, gasto de consumo final estatal y comercio regional (importaciones y exportaciones). La oferta se compone de los factores de producción de cada industria: capital, trabajo y tecnología.

Después de construir el modelo, se evalúan las variables de crecimiento económico, el ingreso per cápita y se simulan escenarios donde hay shocks en la economía tales como un tsunami o un terremoto.

De las simulaciones y del proceso de construcción del modelo se resaltan las siguientes conclusiones:

- La sincronización de un modelo económico regional con el modelo de población permite ver el proceso de despoblación de la sociedad. Modelar el método de cohorte-componente usando la Dinámica de Sistemas clarifica en detalle el proceso de despoblación de una sociedad. Además, se puede observar que existe un retraso en la influencia de la disminución de la población en el ingreso per cápita, debido a que el producto interno bruto sigue creciendo por un tiempo después de que la población enfrenta la fase de disminución.
- Las características del crecimiento económico regional se pueden expresar en detalle modelando la actividad productiva de acuerdo con la industria.
- Un problema en la región puede aclararse mediante simulaciones de las políticas en el modelo, gracias al modelo dinámico-sistémico de la economía regional.

**2.1.4 System Dynamics Review.** Tomando las ediciones de los últimos cinco años de la revista especializada en Dinámica de Sistemas, *System Dynamics Review*, se realiza una revisión de trabajos que integren la Dinámica de Sistemas con tópicos de la macroeconomía. En esa revisión, se encontró un trabajo realizado por el profesor David Wheat de la Universidad de Bergen (Noruega), el cual proporciona orientaciones para desarrollar investigaciones en el campo de estudio de este proyecto. A continuación se presenta una visión general del trabajo del profesor Wheat.

**2.1.4.1 The feedback method of teaching macroeconomics: is it effective? (Wheat, 2007).** El objetivo de este artículo es mostrar los resultados obtenidos en la tesis de doctorado del profesor David Wheat (Wheat, 2007), hecha en la Universidad de Bergen (*Universitetet i Bergen* en noruego) acerca de la efectividad de la Dinámica de Sistemas en la enseñanza de la macroeconomía (llamado el método de realimentación de enseñar macroeconomía) con respecto a la enseñanza tradicional.

Primero, se construye un modelo macroeconómico usando la Dinámica de Sistemas, con base en la integración de diferentes puntos de vista macroeconómicos, buscando un punto de congruencia. A partir del modelo construido, se desarrolla un animador que permite realizar simulaciones del modelo de acuerdo con los escenarios que desea constatar el usuario.

Como paso a seguir, se preparan cuatro pruebas para verificar el rendimiento y la preferencia de los estudiantes en el proceso de aprendizaje de la macroeconomía. Los estudiantes son sometidos a clases de macroeconomía usando las herramientas de la educación tradicional y las herramientas de la Dinámica de Sistemas. Posteriormente, se comparan los resultados de las pruebas de los estudiantes que recibieron las dos clases de enseñanza, los cuales indican que los estudiantes prefieren las herramientas de la Dinámica de Sistemas, y mejor aún, que responden correctamente más preguntas que quienes tomaron las clases con las herramientas de la educación tradicional.

Observando las pruebas y el trabajo realizado, se concluye que las herramientas de la Dinámica de Sistemas mejoran significativamente el proceso de aprendizaje de la macroeconomía con respecto a la educación tradicional, por lo cual se afirma que el método de realimentación de enseñar macroeconomía es efectivo.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

**2.2.1 Pensamiento Sistémico.** Las ideas propuestas por los biólogos organicistas durante la primera mitad del siglo XX contribuyeron al nacimiento de una nueva forma de pensar (pensamiento sistémico) en términos de conectividad, relaciones y contexto. Según la visión sistémica, las propiedades esenciales de un organismo o sistema viviente, son propiedades del todo que ninguna de las partes posee. Emergen de las interacciones y relaciones entre las partes (Andrade, y otros, 2001).

El pensamiento sistémico es un pensamiento impulsado continuamente por un afán holista, es decir, una búsqueda de unidad en la diversidad. Es además un evento muy peculiar ya que es doblemente consciente de la naturaleza del pensamiento mismo. En efecto, por una parte, es un pensamiento conscientemente respetuoso del objeto del pensamiento, permitiéndole manifestarse en su diversidad pero al mismo tiempo, buscando siempre un hilo conductor que le dé unidad a lo así manifestado (Andrade, y otros, 2001).

Para Peter Senge (Senge, 2008), el pensamiento sistémico es una disciplina para ver totalidades. Es un marco para ver interrelaciones en vez de cosas, para ver patrones de cambio en vez de instantáneas estáticas. Es un conjunto de principios generales destilados a lo largo del siglo XX, y abarca campos tan diversos como las ciencias físicas y sociales, la ingeniería y la administración de empresas.

Asimismo, el pensamiento sistémico ofrece un rico lenguaje para describir una vasta gama de interrelaciones y patrones de cambio. En última instancia, simplifica la vida porque ayuda a ver los patrones más profundos que subyacen a los acontecimientos y los detalles.

**2.2.2 Dinámica de Sistemas.** De acuerdo con Javier Aracil y Francisco Gordillo (Aracil, y otros, 1997), la Dinámica de Sistemas es una metodología mediante la cual se abordan los problemas en los que la presencia de sistemas es dominante.

La metodología sistémica forma parte de lo que se puede denominar de forma genérica “movimiento sistémico”, que incluye todas las aportaciones, de naturaleza muy variada – desde filosóficas a metodológicas- relacionadas con el estudio de los objetos dotados de una cierta complejidad a los que se denomina

sistema. Para quienes estudian los sistemas, un sistema es un objeto complejo – natural o artificial- susceptible de ser analizado –dividido- en partes, pero cuya entidad resulta precisamente de cómo esas partes se integran en la unidad sustantiva que es el propio sistema.

Entre el sistema –el todo- y sus partes, se establece una relación dialéctica que fue precursoramente apuntada por Pascal cuando dijo que era imposible entender el todo- el sistema, se diría aquí- sin conocer las partes, así como entender las partes sin conocer el todo. El movimiento sistémico trata precisamente de desarrollar útiles conceptuales y operativos específicos con los que llevar a cabo el programa así esbozado de estudio de sistemas complejos. Los resultados alcanzados por este movimiento pretenden articularse en torno a una teoría de sistemas o sistémica.

Esta teoría dista mucho de presentar como algo unitario y claramente estructurado. Por el contrario, en la actualidad es más bien un punto de confluencia de estudiosos y especialistas de diferente procedencia, cada uno de los cuales comparece en el foro de la sistémica con su diferente bagaje metodológico y los sesgos propios de la disciplina de la que procede. A todos les une una llamada común: sus objetos de estudio tiene la característica genérica de ser sistemas; de ser objetos complejos formados por múltiples partes en interacción, dotados de alguna forma de organización, y de tal naturaleza que existe la presunción de que su comportamiento (el del sistema, el del conjunto) se debe más a la forma de producirse las interacciones entre las partes que a las propiedades de las partes tomadas aisladamente.

La ciencia clásica ha sido fundamentalmente reduccionista, en el sentido de asumir como axioma metodológico básico el que para estudiar un objeto lo que había que hacer era reducirlo a sus partes y estudiarlas aisladamente (análisis). Una vez conocidas las propiedades de las partes, las propiedades del sistema se desprenden por sí solas. Se trataba, por tanto, de reducir el estudio de un sistema a su análisis, a su disección. Este principio analítico ha sido enormemente fecundo, en particular en física. Sin embargo, desde las disciplinas que ocupan del estudio de objetos de una cierta complejidad pronto se empezó a presentir su insuficiencia. Tan importante como la disección y el análisis es la integración y la síntesis.

La teoría de sistemas pretende no subordinar en el sistema el todo a las partes, pero tampoco las partes al todo. El sistemista cuando analiza un sistema, lo disecciona en sus partes, pero sin perder de vista la unidad del sistema; las partes

sólo tienen sentido en tanto que partes del sistema, y no como objetos aislados desvinculados de él. Por el contrario, cuando estudia el sistema como una unidad, no olvida las partes. Análisis y síntesis se dan en una peculiar conjunción que constituye la esencia de la metodología sistémica. Sin embargo, estas ideas, por sugestivas que parezcan, pueden pecar de excesivamente abstractas y vagas. ¿Cómo articular el análisis y la síntesis en un método que permita estudiar sistemas concretos? Una respuesta a esta pregunta la aportan las técnicas de modelado y simulación informática que proporciona la Dinámica de Sistemas.

La Dinámica de Sistemas es un método en el que se combinan el análisis y la síntesis, suministrando un ejemplo concreto de una metodología sistémica. La Dinámica de Sistemas suministra un lenguaje que permite expresar las relaciones que se producen en el seno de un sistema, y explicar cómo se genera su comportamiento. De este modo se puede poner de manifiesto cómo se relacionan la estructura de un sistema y su comportamiento. Su objetivo es conciliar estructura y comportamiento, de modo que aparezcan como las dos caras de una misma moneda.

La construcción de un modelo para simulación informática requiere el análisis del sistema que se va a modelar, para decidir, en primer lugar, qué partes son relevantes para tener una descripción significativa. Una vez decididas las partes relevantes hay que establecer los mecanismos que las interrelacionan; es decir, hay que postular la forma cómo se integran para dar lugar al sistema. Mediante el computador es posible generar el comportamiento de esas partes (resultado del análisis) articuladas mediante el mecanismo de integración (consecuencia de la síntesis). Ese comportamiento deberá ajustarse al observado en la realidad<sup>4</sup>. De este modo se tiene metodológicamente articulados análisis, síntesis y contrastación empírica.

Si bien el modo habitual como se ha entendido y se ha expuesto a Dinámica de Sistemas es, fundamentalmente, como una metodología para construir modelos matemáticos de fenómenos de diversa índole, la Dinámica de Sistemas es algo más que una metodología; es un paradigma de pensamiento que se expresa a través de cierto sistema de convenciones, esto es, a través de un lenguaje particular propio. Por consiguiente, la Dinámica de Sistemas resulta siendo un paradigma-lenguaje, es decir, una manera de pensar el mundo y al mismo tiempo, una de representarlo (Andrade, y otros, 2001).

---

<sup>4</sup> Para este proyecto la realidad a contrastar es la descrita en los libros introductorios a la macroeconomía.

**2.2.3 Prototipos de complejidad creciente.** El estudio dinámico-sistémico de un fenómeno consiste en una iteración consecutiva del proceso de enriquecimiento de los modelos mentales. Esto implica que la comprensión de la complejidad se hace de manera gradual, progresiva, lo cual es posible gracias a que el sistema de lenguajes que provee la Dinámica de Sistemas permite navegar no solamente entre distintos niveles de abstracción y de expresión de la causalidad del sistema, sino que cada vez que se revisita un lenguaje, es posible extender el modelo dinámico-sistémico que ha construido con él. Es decir, se puede ver el proceso iterativo como la construcción de prototipos, de versiones de modelos susceptibles de mejorar en una siguiente iteración. Cada recorrido por los lenguajes, con cada prototipo, va dando lugar a hipótesis casuales que integra una mayor complejidad. Por supuesto, no debe imaginarse que un caso real de aplicación se dé un proceso “lineal” de aprendizaje. Es posible que de un prototipo al siguiente, no se logren “mejoras” sino que, por el contrario, se advierta que el nuevo prototipo es un camino más complicado para entender la causalidad y que en consecuencia, lo mejor es volver al anterior. Pero aún en estos casos extremos, cuando se debe volver sobre los pasos ya dados, se aprende a explicar la dinámica del fenómeno en términos de los modelos construidos, es decir, se está abordando la complejidad causal (Andrade, y otros, 2001).

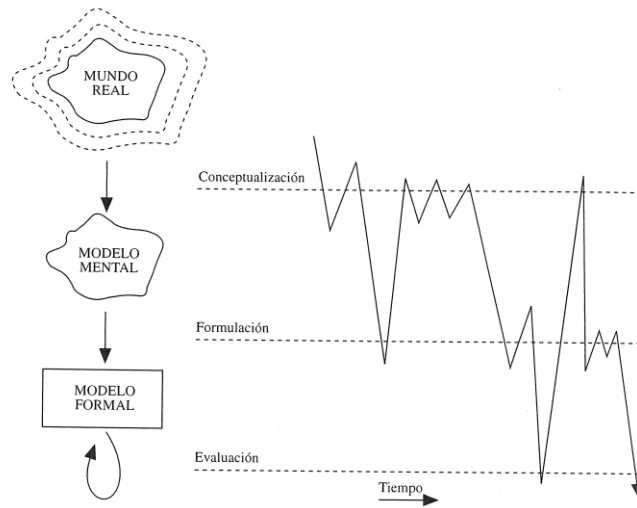
La construcción de cada prototipo se guía por las fases de construcción de modelos definidas por Javier Aracil y Francisco Gordillo (Aracil, y otros, 1997):

- Conceptualización, consiste en la adopción de una perspectiva y en el esbozo de una comprensión de un cierto fenómeno del mundo real.
- Formulación del modelo, que trata de la representación de los elementos intuitivos elaborados en la fase de conceptualización por medio de un lenguaje formal.
- Evaluación del modelo, consistente en un análisis del mismo, así como su sometimiento a varios criterios de aceptabilidad.

La Figura 1 indica el carácter iterativo de la construcción de un modelo, en virtud del cual no se pasa de una forma progresiva y única por las tres fases indicadas, sino que se puede ir de una fase a otra, sin ningún orden especial, cuantas veces sea necesario.



Figura 1. Carácter iterativo de las fases de construcción de un modelo



Fuente: (Aracil, y otros, 1997)

**2.2.4 Herramientas para modelado y simulación.** Una vez definidas todas las relaciones entre las variables del modelo, éste ya se puede programar en un computador. Para ello se puede utilizar alguno de los entornos informáticos de simulación que utilizan lenguajes específicos para la Dinámica de Sistemas. A continuación se brinda una breve descripción de algunas opciones en cuanto a estos entornos.

**2.2.4.1 DYNAMO.** DYNAMO fue el primer lenguaje de simulación de Dinámica de Sistemas, y por mucho tiempo, el lenguaje y el campo fueron considerados sinónimos. Originalmente desarrollado por Jack Pugh en el MIT, el lenguaje estuvo disponible en el mercado a principios de la década de 1960, gracias a la empresa consultora Pugh-Roberts. DYNAMO actualmente se ejecuta en PC compatibles con DOS / Windows. Proporciona un entorno de desarrollo basado en ecuaciones para modelos de Dinámica de Sistemas.

**2.2.4.2 Stella e Ithink.** Introducidos originalmente en Macintosh en 1984. Ambos poseen una estructura similar, pero mientras el Stella se encuentra más orientado hacia usos académicos, Ithink lo hace hacia aplicaciones profesionales. Proporcionan una interfaz gráfica orientada al desarrollo de modelos de dinámica

de sistemas. Los diagramas de flujo- nivel, utilizados en la literatura de dinámica de sistemas son compatibles directamente con una serie de herramientas de apoyo al desarrollo de modelos. La escritura de las ecuaciones es hecha a través de cuadros de diálogo accesibles desde los diagramas de flujo-nivel. Stella e iThink están disponibles para computadoras Macintosh y Windows.

**2.2.4.3 Powersim.** A mediados de la década de 1980, el gobierno Noruego patrocinó una investigación con el objetivo mejorar la educación secundaria usando modelos de Dinámica de Sistemas. Este proyecto dio como resultado en el desarrollo de “Mosaic”, un sistema orientado a objetos destinado principalmente al desarrollo de juegos basados en la simulación con propósitos educativos. Powersim más adelante fue desarrollado como un ambiente basado en Windows para el desarrollo de modelos de Dinámica de Sistemas que también facilita el empaquetado en juegos interactivos o entornos de aprendizaje.

**2.2.4.4 Vensim.** Originalmente desarrollado a mediados de la década de 1980 para ser usado en proyectos de consultoría, Vensim estuvo disponible comercialmente en 1992. Es un entorno integrado para el desarrollo y análisis de modelos de Dinámica de Sistemas. Vensim se ejecuta tanto en computadores Windows como Macintosh.

**2.2.4.5 Evolución 4.1.** Es un software que permite modelar y simular fenómenos complejos con Dinámica de Sistemas, desarrollado por estudiantes del Grupo SIMON de la Universidad Industrial de Santander. Evolución brinda la posibilidad de interactuar con los útiles que proporciona la Dinámica de Sistema como los diagramas de influencia, diagramas flujo-nivel y comportamientos. Cabe resaltar, que es este software el que se usa en el proyecto para construir el modelo dinámico-sistémico.

**2.2.5 Macroeconomía.** De acuerdo con Rudiger Dornbusch (Dornbusch, y otros, 2009) la macroeconomía se ocupa del comportamiento de la economía en su conjunto, de las expansiones y recesiones, de la producción total de bienes y servicios, del crecimiento de la producción, de las tasas de inflación y desempleo, de la balanza de pagos y los tipos de cambio. La macroeconomía trata del

crecimiento económico de largo plazo y de las fluctuaciones de corto plazo que constituyen el ciclo económico.

La macroeconomía se enfoca en el comportamiento económico y las políticas que influyen en el consumo y la inversión, el dinero y la balanza comercial, los determinantes del cambio en salarios y precios, las políticas monetaria y fiscal, la cantidad de dinero, el presupuesto federal, las tasas de interés y la deuda nacional.

En resumen, la macroeconomía trata de los principales temas y problemas económicos cotidianos. Para entender esto, se tiene que reducir los complejos detalles de la economía a fundamentos manejables. Los fundamentos están en las interacciones de los mercados de bienes, mano de obra y activos financieros de la economía, y en las interacciones de las economías nacionales que comercian entre sí.

Al abordar estos fundamentos, se va más allá del comportamiento de las económicas individuales, como hogares y empresas, o de la fijación de precios en mercados particulares, que son el tema de la microeconomía. En macroeconomía el interés es en el conjunto del mercado de bienes, y se trata a todos los mercados de diferentes bienes (por ejemplo, los de productos agrícolas o de servicios médicos) como un solo mercado. Del mismo modo, se aborda el mercado de mano de obra en conjuntos y se abstraen las diferencias entre los mercados de mano de obra no calificada y de doctores. Se aborda los mercados de activos en su conjunto, y se abstraen las diferencias entre los mercados de acciones de IBM y de cuadros de Rembrandt. El beneficio de la abstracción es que procura la comprensión de las vitales interacciones de los mercados de bienes, servicios y activos. El costo de la abstracción es que se omiten detalles, a veces, importantes.

El estudio de la macroeconomía se organiza alrededor de tres modelos que describen el mundo; cada modelo tiene su aplicabilidad en un marco temporal.

En el muy largo plazo, el estudio del comportamiento de la economía está en el ámbito de la teoría del crecimiento, que se enfoca en el crecimiento de la capacidad de la economía para producir bienes y servicios. El estudio del muy largo plazo se centra en la acumulación histórica de capital y en los adelantos tecnológicos. En el modelo que se designa de muy largo plazo se toma una instantánea del modelo del muy largo plazo. En ese momento, las reservas de capital y nivel de la tecnología pueden considerarse fijos, aunque se da cabida a trastornos temporales. La tecnología y el capital fijos determinan la capacidad

productiva de la economía; a esta capacidad productiva se le llama producción potencial.

En el largo plazo, la oferta de bienes y servicios es igual a la producción potencial. En este horizonte, los precios y la inflación están determinados por las fluctuaciones de la demanda.

En el corto plazo, las fluctuaciones de la demanda determinan cuánto se aprovecha de la capacidad disponible y, por consiguiente, el nivel de producción y empleo. A diferencia del largo plazo, en el corto plazo los precios son relativamente fijos, y la producción, variable. Es en el ámbito del modelo de corto plazo donde se encuentra que las políticas macroeconómicas tienen su mayor aplicabilidad.

**2.2.6 Ingeniería del software.** La ingeniería de software es una actividad de modelado. Los ingenieros de software manejan la complejidad mediante el modelado, enfocándose siempre sólo en los detalles relevantes e ignorando todo lo demás. En el curso del desarrollo, los ingenieros de software construyen muchos modelos diferentes del sistema y del dominio de aplicación.

La ingeniería de software es una actividad para la solución de problemas. Se usan los modelos para buscar una solución aceptable. Esta búsqueda es conducida por la experimentación. Los ingenieros de software no tienen recursos infinitos, y están restringidos por presupuestos y tiempos de entrega. Dada la falta de una teoría fundamental, con frecuencia tiene que apoyarse en métodos empíricos para evaluar los beneficios de alternativas diferentes.

La ingeniería de software es una actividad para la adquisición de conocimiento. En el modelado de los dominios de la aplicación y la solución, el ingeniero de software recopila datos, los organiza en información y los formaliza en conocimiento. La adquisición de conocimiento no es lineal, ya que un solo dato puede invalidar modelos completos.

La ingeniería de software es una actividad dirigida por una fundamentación. Cuando se adquiere conocimiento y se toman decisiones acerca del sistema o sus dominios de aplicación, los ingenieros de software también necesitan captar el contexto en el que se tomaron las decisiones y las razones que hay tras las mismas. La información de la fundamentación, representada como un conjunto de modelos de problemas, permite que los ingenieros de software comprendan las

implicaciones de un cambio propuesto cuando revisan una decisión (Bruegge, y otros, 2002).

**2.2.7 Modelo de proceso.** Un modelo de proceso de software define cómo solucionar la problemática del desarrollo de sistema de software. Para desarrollar el software se requiere resolver ciertas fases de su proceso, las cuales se conocen en su conjunto como el ciclo de vida del desarrollo de software. Un modelo de proceso debe considerar una variedad de aspectos, como el conjunto de personas, estructuras organizacionales, reglas, políticas, actividades, componentes de software, metodologías y herramientas utilizadas (Weitzenfeld, 2005).

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

A continuación se definen algunos conceptos que se utilizan a lo largo del proyecto.

**2.3.1 Dinero.** El dinero es cualquier activo que puede ser fácilmente usado para adquirir bienes y servicios.

**2.3.2 Diagrama de influencias.** Es un diagrama en el que se establece un bosquejo esquemático entre los elementos que constituyen un sistema, en el cual los nombres de los distintos elementos están unidos entre sí por flechas.

**2.3.3 Diagrama de Forrester o flujo-nivel.** Ofrece una mirada de la estructura casual, distinta de la que brindan los diagramas de influencias. Su lógica puede lógica puede comprenderse mediante una metáfora hidrodinámica. Un sistema hidrodinámico muy simple puede estar compuesto por un tanque que almacena líquido y un par de llaves o grifos que permiten su llenado o su vaciado. En este sistema, el cambio es producido por la apertura o el cierre de las llaves; y el cambio genera un aumento o disminución en el nivel de líquido en el tanque, es decir, el estado de este sistema es representado por el valor actual de ese nivel.

Un fenómeno particular puede ser entendido en términos de su estado, de sus niveles y de aquello que produce su cambio y sus variables de flujo. El diagrama

de niveles y flujos sirve así para ilustrar el modo como los niveles del sistema cambian en virtud de los flujos que lo afectan. El diagrama de Forrester ofrece una mirada distinta de la estructura causal en la que prima la distinción entre estado y cambio, que no era evidente en el diagrama de influencias. Por consiguiente, este lenguaje ofrece una representación más estricta de las hipótesis casuales y una fidelidad mayor en términos de las posibilidades de simulación del modelo. De hecho, el diagrama de Forrester puede ser entendido como el esqueleto del modelo en ecuaciones (Andrade, y otros, 2001).

**2.3.4 Equilibrio general.** Equilibrio simultáneo de todos los mercados de la economía.

**2.3.5 Economía cerrada.** Economía que no participa en el comercio internacional.

**2.3.6 Inflación.** Aumento del nivel general de precios.

**2.3.7 Modelo clásico.** Modelo de la economía derivado de las ideas de los economistas clásicos y prekeynesianos; modelo basado en los supuestos de que los salarios y los precios se ajustan para equilibrar los mercados y de que la política monetaria no influye en las variables reales.

**2.3.8 Modelo de equilibrio de mercado.** Modelo que supone que los precios se ajustan libremente para equilibrar la oferta y la demanda.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo de grado se conforma de dos componentes básicos: la metodología para construir el modelo y la metodología para desarrollar la interfaz software.

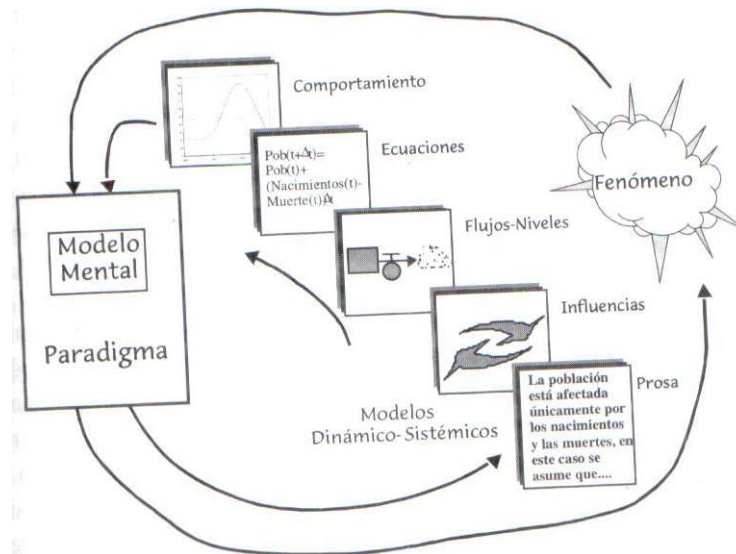
#### 3.1 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Dado que el modelo económico clásico es complejo, su representación dinámico-sistémica, se hace por medio de prototipos de cobertura y complejidad creciente, conceptos definidos previamente (Ver secciones 2.2.2 y 2.2.3). La representación se hace basada en los textos introductorios a la macroeconomía de Mankiw (Mankiw, 2010) y Sachs (Larraín, y otros, 2002). Adicionalmente, se cuenta con el apoyo de otros documentos que se nombran en la medida en que son necesarios.

De la misma manera que los libros abordan la macroeconomía, se construyen los prototipos. Primero, se construye el prototipo de oferta agregada o producción de bienes y servicios. Después, el prototipo de demanda agregada, es decir, cómo se distribuyen los bienes producidos. Finalmente, en el último prototipo se incluye el dinero como medio de pago y los efectos que ejerce sobre los precios.

Cada prototipo se describe en el sistema de lenguajes de la Dinámica de Sistemas. La Figura 2 muestra los diferentes tipos de lenguajes: el lenguaje en prosa, el lenguaje de los diagramas causales o de influencia, el lenguaje de los diagramas de niveles y flujos, el lenguaje de ecuaciones y el lenguaje de los resultados simulados. Cada uno de ellos satisface de manera particular los requerimientos de un modelo dinámico-sistémico, esto es, la posibilidad de expresar hipótesis causales de la dinámica y la posibilidad de realizar con ellas una interacción simulada.

Figura 2. El modelado con Dinámica de Sistemas



Fuente: (Andrade, y otros, 2001)

Mediante el lenguaje de ecuaciones puede representarse la estructura causal como un sistema de ecuaciones diferenciales. Este sistema puede resolverse mediante simulación por computador, transformándolo en un sistema de ecuaciones en diferencias. Con la representación matemática del sistema y haciendo uso de herramientas informáticas especializadas, se obtiene un modelo que se puede simular en el computador, con amplias facilidades para la interacción en un lenguaje visual de definición de escenarios de simulación y presentación de resultados numéricos y gráficos.

Los lenguajes de diagramas de influencias y diagramas de niveles y flujos, como lo indican sus denominaciones, tienen un carácter gráfico. En cada uno de ellos se puede dibujar y apreciar visualmente la estructura causal con sus ciclos de realimentación. Para cada uno de estos diagramas existe una lógica que permite inferir comportamientos posibles del sistema a partir de las estructuras que allí aparecen, de modo que se pueden realizar simulaciones “mentales”.

Finalmente, en el lenguaje de prosa que se utiliza cotidianamente, es posible hablar en los términos de las casualidades y cómo éstas condicionan el comportamiento. El lenguaje de prosa permite comunicar fácilmente los supuestos de los modelos dinámico-sistémicos expresados en los otros lenguajes. Su papel no es el de facilitar una interacción simulada para la cual son mejores los otros



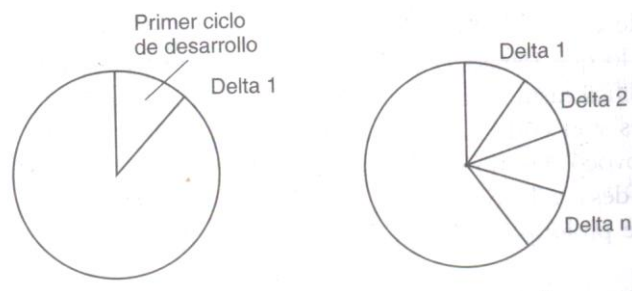
lenguajes. Esto último es precisamente una característica general de los lenguajes de la Dinámica de Sistemas: cada uno de ellos satisface ciertas necesidades del modelador (Andrade, y otros, 2001).

### 3.2 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ SOFTWARE

Siendo coherente con la metodología para la construcción del modelo dinámico-sistémico, la metodología para el desarrollo de la interfaz software es el modelo evolucionario.

Según Alfredo Weitzenfeld (Weitzenfeld, 2005), es una extensión al modelo incremental, donde los incrementos se hacen de manera secuencial en lugar de en paralelo. Desde el punto de vista del cliente, el sistema evoluciona según se van entregando los incrementos. Desde el punto de vista del desarrollador, los requerimientos que son claros al principio del proyecto dictarán el incremento inicial, mientras que los incrementos para cada uno de los siguientes ciclos de desarrollo serán clarificados a través de la experiencia de los incrementos anteriores. Este modelo considera que el desarrollo de sistema es un proceso de cambios progresivos mediante deltas de especificación de requerimientos. En la Figura 3 se ilustra este concepto.

Figura 3. Secuencia de versiones en el modelo evolucionario



Fuente: (Weitzenfeld, 2005)

El modelo evolucionario es también conocido como desarrollo rápido de aplicaciones (RAD, Rapid Application Development), que se basa tradicionalmente en el uso de prototipos. Un prototipo de software se considera como un medio para especificar los requisitos y en un enlace de comunicación entre el usuario

final y el diseñador, lo que ayuda a reducir el riesgo de carecer de requerimientos iniciales completos y estables.

Las siguientes, son algunas creencias del modelo evolucionario:

- Se entrega temprano parte del sistema, aunque no estén completos todos los requerimientos.
- Se permite entregar parte del sistema como herramienta para la generación de requerimientos faltantes.
- Se obtienen beneficios para el sistema mediante entregas iniciales, mientras las entregas posteriores están en desarrollo.

Por consiguiente, cada prototipo del modelo dinámico-sistémico coincide con un prototipo de la interfaz en la cual se incluyen los elementos del modelo económico clásico.

## 4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ECONÓMICO CLÁSICO DESDE UNA PERSPECTIVA DINÁMICO-SISTÉMICA

### 4.1 PROTOTIPO 1: PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Según Gregory Mankiw (Mankiw, 2010) la variable macroeconómica más importante es el producto interior bruto (PIB), el cual mide tanto la producción total de bienes y servicios de un país como su renta total. Los países que tienen un elevado nivel de PIB per cápita, en comparación con los más pobres, tienen de todo, desde niños mejor nutridos hasta más televisores por hogar. En consecuencia, tener un PIB elevado es la mejor receta que pueden ofrecer los macroeconomistas para alcanzar la felicidad.

**4.1.1 Propósito.** El objetivo de este prototipo es mostrar las relaciones entre los elementos que determinan la producción de bienes y servicios de acuerdo con el modelo económico clásico.

#### 4.1.2 Restricciones

- La producción de bienes y servicios para este y para los prototipos siguientes, se basa en el modelo de crecimiento expuesto por Robert Solow (Solow, 1956).
- En este prototipo y en los siguientes se considera el estudio de una economía cerrada. Este supuesto es realizado por la teoría clásica económica con el fin de simplificar el análisis de las hipótesis asumidas.
- Las empresas pueden adquirir la cantidad de capital que deseen.
- Se considera que el nivel de precios y la tasa de interés no varían a través del tiempo y son elementos exógenos.

**4.1.3 Función de producción.** La función de producción es una relación que muestra el nivel de producción que una empresa (o grupo de empresas) obtiene con niveles dados de capital (K), trabajo (L) y tecnología disponible (T). De

acuerdo con lo anterior, la función de producción se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y = F(K, L, T)$$

La ecuación muestra que el nivel de producción (Y) depende de los insumos de capital, trabajo y tecnología. El capital de una empresa es el conjunto de herramientas que utilizan los trabajadores. El trabajo es el tiempo que dedica la gente a trabajar. La tecnología es el conocimiento tecnológico que las empresas han acumulado.

**4.1.3.1 Productividad marginal de los factores.** La función de producción tiene dos características importantes. Primero, un aumento en la cantidad de cualquier insumo hace subir la producción. La productividad marginal del trabajo (PML) mide el aumento del producto que resulta de aumentar el trabajo en una unidad, y este monto casi siempre es positivo (es decir, un poco más de trabajo permite obtener un mayor producto). En forma análoga, la productividad marginal del capital (PMK) mide la variación resultante de un aumento en el capital en una unidad, y usualmente se supone positiva.

Segundo la productividad marginal de cada factor disminuye cuando se utiliza una mayor cantidad del mismo y se mantiene fija la cantidad utilizada de los demás factores y aumenta cuando el otro factor aumenta, es decir, un aumento de la cantidad de capital eleva el PML y reduce el PMK. Asimismo, un aumento de la cantidad de trabajo reduce el PML y eleva el PMK. Un avance tecnológico eleva el producto marginal de ambos factores proporcionalmente.

**4.1.3.2 Rendimientos constantes a escala.** Muchas funciones de producción tienen una propiedad llamada rendimientos constantes de escala. Una función de producción tiene rendimientos constantes de escala si un aumento de todos los factores de producción en el mismo porcentaje provoca un incremento de la producción del mismo porcentaje. En términos matemáticos, una función de producción tiene rendimientos constante de escala si

$$zY = F(zK, zL)$$

**4.1.3.3 Función Cobb-Douglas.** La función de producción Cobb-Douglas describe la manera en que las economías reales transforman el capital y el trabajo en PIB. Esta función tiene la característica de los rendimientos constantes de escala, productividad marginal de los factores y la participación constante de los mismos. La función es la siguiente:

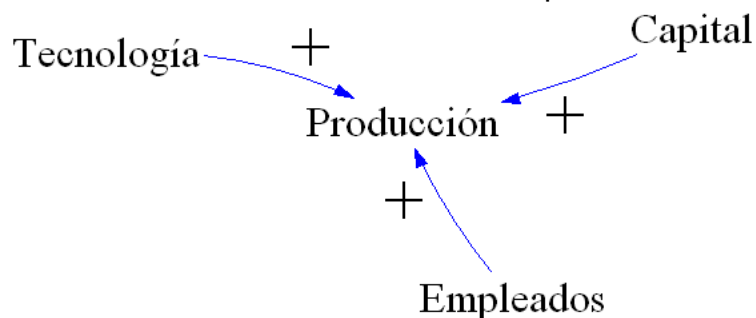
$$Y = T * L^{1-\alpha} * K^{\alpha}$$

Donde  $\alpha$  es la participación del capital (K) y  $1-\alpha$  es la participación del trabajo (L) en la producción de bienes y servicios (Y). La tecnología (T) se considera un factor exógeno que afecta positivamente la producción.

En este prototipo y en los siguientes se asume  $\alpha = 0.25$ , un valor aproximado al que se mantuvo constante durante 40 años en una economía de mercado, como lo es la economía de Estados Unidos.

**4.1.3.4 Relaciones de influencia.** Con base en la teoría, en la Figura 4 se observan relaciones de influencia. La producción depende tres factores: capital, empleados (trabajo) y tecnología. Un aumento en alguno de ellos hace que aumente la producción, es decir, hay crecimiento económico.

Figura 4. Diagrama de influencias de los factores de producción

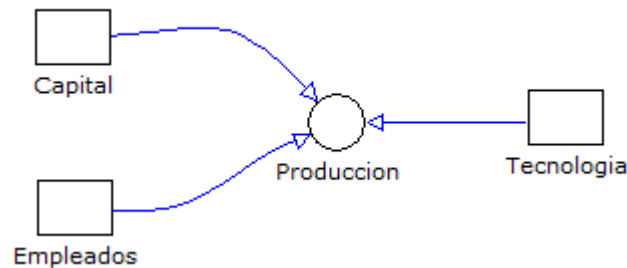


Fuente: Autor

**4.1.3.5 Niveles, flujos y auxiliares.** Debido a que el capital, la tecnología y la población empleada se acumulan con el paso del tiempo, éstos se representan

por medio de un nivel. La producción es una variable auxiliar que se calcula por medio de la función Cobb-Douglas.

Figura 5. Diagrama flujo-nivel de los factores de producción



Fuente: Autor

#### 4.1.4 Mercado de trabajo

**4.1.4.1 Demanda de trabajo.** Cuando la empresa competitiva y maximizadora de los beneficios considera la posibilidad de contratar una unidad adicional de trabajo, se pregunta cómo afectará esta decisión a sus beneficios. Para ello, compara el ingreso adicional generado por el aumento de la producción que se obtiene con el trabajo adicional y el coste adicional del aumento del gasto en salarios. Por lo tanto se deduce que las empresas contratan hasta que los ingresos sean iguales a los costes. En este caso los ingresos es el PMK multiplicado por el nivel de precios ( $P$ ) y el coste es el salario nominal ( $W$ ) que cobran los empleados. A mayores salarios nominales menor demanda de trabajo, debido a que aumentan los costes mientras que a mayor precio o mayor producto marginal del trabajo, mayor demanda de trabajo.

Teniendo en cuenta que el producto marginal del trabajo depende de la cantidad de capital y la tecnología, la demanda de trabajo es mayor si aumenta la cantidad de capital o si aumenta la tecnología.

Usando la función Cobb-Douglas, la ecuación<sup>5</sup> que calcula la demanda de trabajo es la siguiente:

---

<sup>5</sup> El PML es la derivada de la función de producción con respecto a  $L$ . Por lo tanto se iguala  $PML \cdot P$  con  $W$  y de ahí se obtiene  $L$ .

$$L^D = (T * P * (1 - \alpha) / W)^{1/\alpha} * K$$

**4.1.4.2 Oferta de trabajo.** Para el presente modelo se asume que la oferta de trabajo son los miembros de la población adulta que tienen empleo o están buscando uno, y por motivos de simplicidad se asume que ellos trabajan a un salario nominal dado. Esta oferta de trabajo crece a través del tiempo, por lo que su cantidad depende de la tasa de crecimiento.

**4.1.4.3 Relaciones de influencia.** Dado que el trabajo se considera un mercado, se puede aplicar la ley de oferta y demanda<sup>6</sup>. En este caso el bien es el trabajo que realizan las personas y el precio es el salario nominal que cobran por el trabajo realizado. Si la oferta de trabajo es mayor que la demanda de trabajo, el salario nominal disminuirá mientras que si la demanda de trabajo es mayor que la cantidad de trabajo ofrecido, el salario nominal subirá.

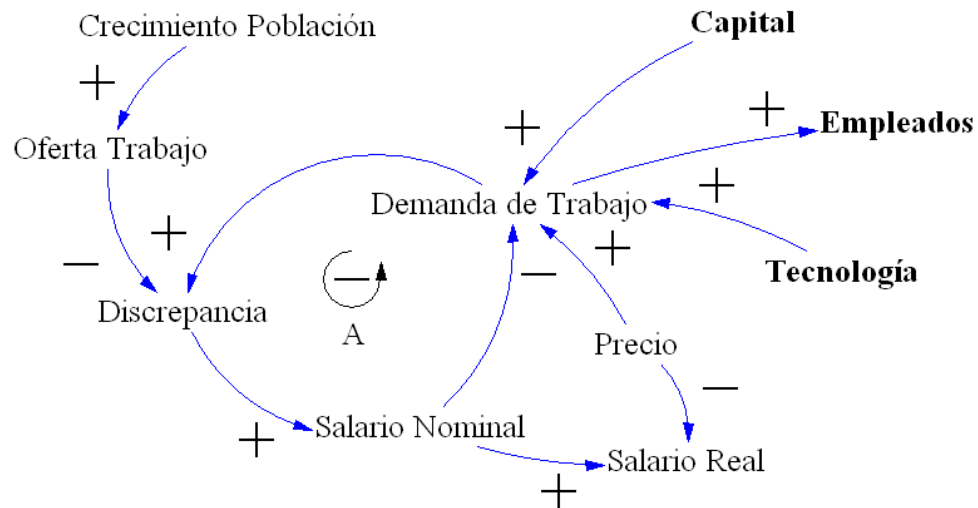
Finalmente se añade un último concepto: el salario real. El salario real es el poder adquisitivo del salario nominal, en otras palabras, la cantidad de bienes que se pueden comprar con el salario nominal. Por lo tanto para las simulaciones que se realizan, es un indicador a tener en cuenta, ya que es un indicador que interesa a los trabajadores.

Con base en la descripción hecha, se obtienen las siguientes relaciones:

---

<sup>6</sup> Ley que establece que el precio de un bien se ajusta para equilibrar su oferta y su demanda (Mankiw, 2002).

Figura 6. Diagrama de influencias del mercado de trabajo



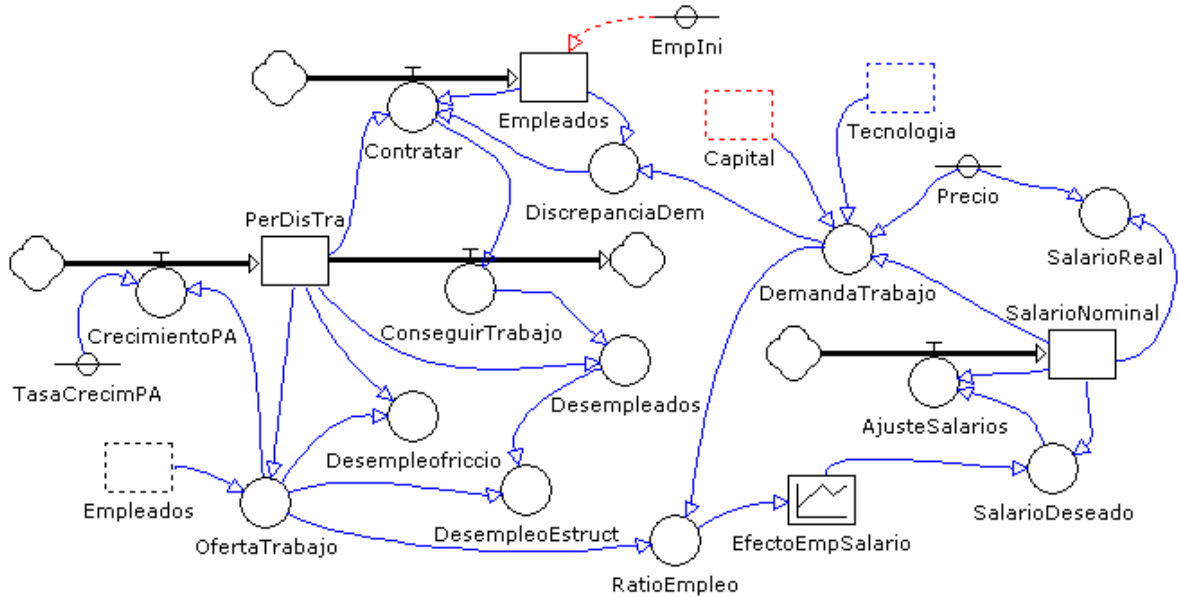
Fuente: Autor

De la Figura 6, se destaca el ciclo de realimentación negativa “A”, en el cual la discrepancia entre la oferta y demanda de trabajo ajusta el salario nominal, permitiendo que el mercado se equilibre. Este comportamiento es similar al de un salón con aire acondicionado. El refrigerador ajusta la temperatura real a una temperatura deseada. De tal manera, que mediante símiles se pueden asimilar los conceptos macroeconómicos con conceptos ya anteriormente comprendidos. Además, es evidente la condición necesaria para que haya equilibrio en un mercado, en este caso que el salario nominal se ajuste a la oferta y la demanda de trabajo.

**4.1.4.4 Niveles, flujos y auxiliares.** El diagrama flujo-nivel del mercado de trabajo (Ver Figura 7) se construye bajo la orientación de la guía de estudio de Dinámica de Sistemas, Roadmaps (Whelan, y otros, 1994). El auxiliar “RatioEmpleo” recoge la información de la oferta y demanda de trabajo, y ajusta el valor del salario nominal hasta lograr el equilibrio del mercado.



Figura 7. Diagrama flujo-nivel del mercado de trabajo



Fuente: Autor

**4.1.5 Demanda de capital o inversión.** La inversión es el flujo de producción de un período dado que se utiliza para mantener o aumentar el stock de capital de la economía. Al aumentar el stock de capital, el gasto de inversión hace crecer la capacidad productiva futura de la economía.

Las empresas usan el capital junto con la mano de obra, para producir bienes y servicios que venden. Desde luego, su objetivo es maximizar los beneficios. Al decidir cuánto capital utilizar en la producción, las empresas tiene que equilibrar la contribución del capital a sus ingresos y el costo de utilizar más capital. Como se definió anteriormente el PMK es el aumento de la producción generada con una unidad más de capital productivo. El costo de rentar del capital es el costo de usar una unidad más de capital productivo. Sea que una empresa compre de hecho su propio capital o que lo arriende, el costo de renta es la medida correcta del costo de oportunidad. En la medida en que el valor del PMK esté arriba del costo de renta, a la empresa le conviene aumentar sus existencias de capital. Así, la empresa seguirá invirtiendo hasta que el valor de la producción hecha al sumar una unidad más de capital sea igual al costo de usar el capital: el costo de renta del capital (Dornbusch, y otros, 2009).

Para calcular el costo de renta del capital, se tiene que la empresa financia la compra del capital con un préstamo una tasa de interés ( $r$ ). Por supuesto, el

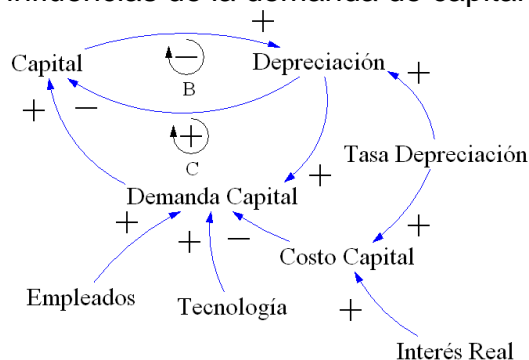
capital se gasta con el tiempo, así que hay que agregar el costo de la depreciación. Una suposición convencional es que la depreciación ( $\delta$ ) es un porcentaje. Por lo tanto, las empresas invierten hasta que el  $PMK = r + \delta$ . En este caso el  $PMK$  aumenta cuando la tecnología es mejor y hay más trabajo. De tal manera que el capital óptimo depende de la tecnología, el trabajo y el costo de renta. La ecuación<sup>7</sup> que calcula este capital óptimo es la siguiente:

$$K^* = (\alpha * T / (\delta + r))^{1/(1-\alpha)} * L$$

Por último, en este prototipo se asume que las empresas pueden adquirir tanto capital como deseen.

**4.1.5.1 Relaciones de influencia.** En la Figura 8 se observa el diagrama de influencias construido a partir de la teoría. Se resaltan los ciclos de realimentación negativa (B) y realimentación positiva (C). La estructura del capital y la depreciación, es similar a la estructura de un sistema poblacional (población y muertes). Entre más capital haya, más capital “muere” o se deprecia. Por lo tanto, es necesario contrarrestar esta pérdida de capital mediante “nacimientos” o adquisición de nuevo capital, ya que un menor stock de capital significa una menor producción.

Figura 8. Diagrama de influencias de la demanda de capital o inversión



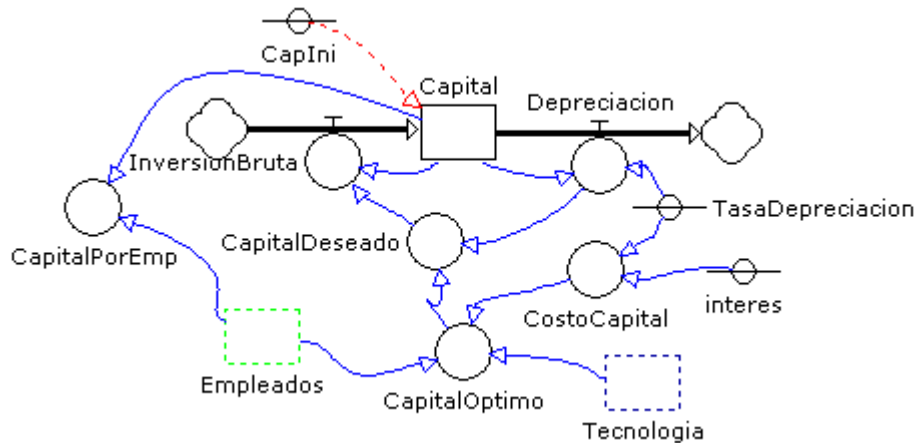
Fuente: Autor

**4.1.5.2 Flujos, niveles y auxiliares.** La Figura 9 es la formalización de los elementos de la demanda de capital en un diagrama flujo-nivel. Se destacan los

<sup>7</sup> El  $PMK$  es la derivada de la función de producción con respecto a  $K$ . Esta derivada se iguala con el costo de renta del capital y se despeja  $K$  para obtener el capital óptimo.

flujos que afectan al nivel “Capital” que representan los ciclos de realimentación descritos en el diagrama de influencias.

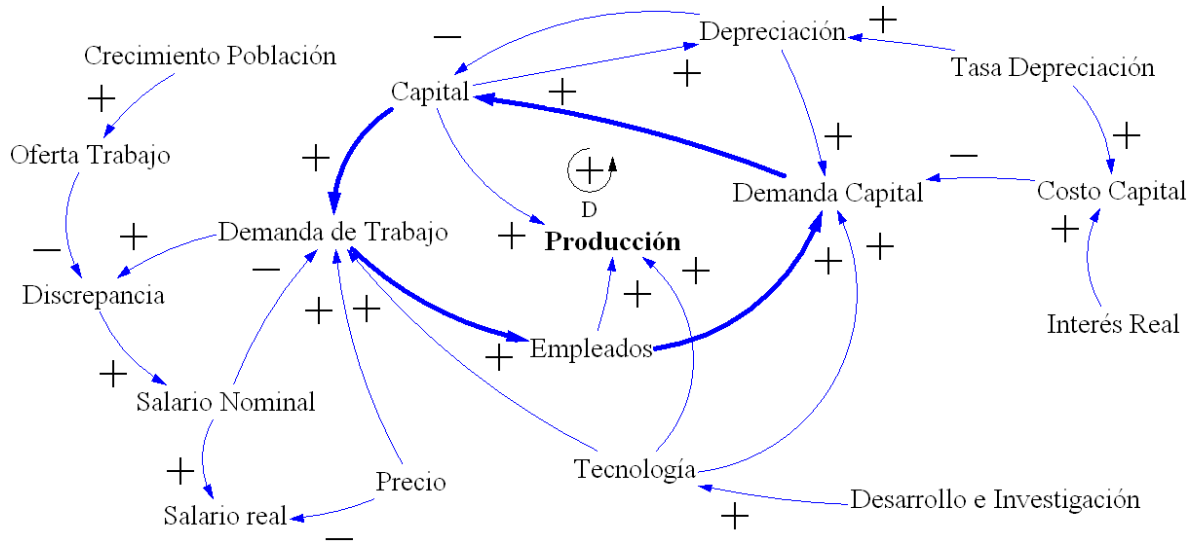
Figura 9. Diagrama flujo-nivel de la demanda de capital o inversión



Fuente: Autor

**4.1.6 Diagrama de influencias – Prototipo 1.** La falta de integración de conceptos es una falencia que presenta la educación tradicional. Usualmente, el elemento a estudiar es aislado y se pierde la visión del todo. Por medio de un diagrama de influencias (ver Figura 10), es posible abordar partes del modelo, siempre sin olvidar que hace parte de una totalidad. Adicionalmente, al integrar los conceptos se hacen evidentes características del fenómeno que no se aprecian cuando se hace su estudio por separado. Por ejemplo, el ciclo de realimentación positiva “D” permite inferir que un aumento en cualquiera de los factores de producción, tiene como resultado un aumento en la demanda de capital y en la demanda de trabajo.

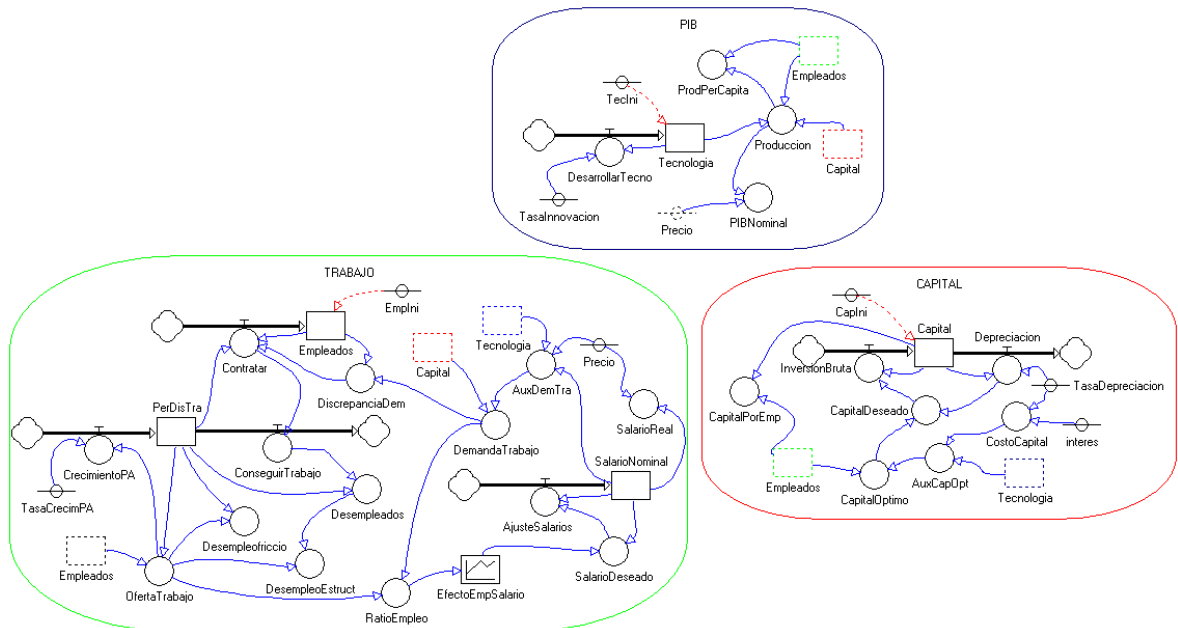
Figura 10. Diagrama de influencias de la producción de bienes y servicios



Fuente: Autor

**4.1.7 Diagrama Flujo-Nivel – Prototipo 1.** La Figura 11 es el diagrama flujo-nivel del primer prototipo. A partir de este diagrama, se evalúa el comportamiento del sistema, usando la herramienta Evolución 4.1.

Figura 11. Diagrama flujo-nivel de la producción de bienes y servicios

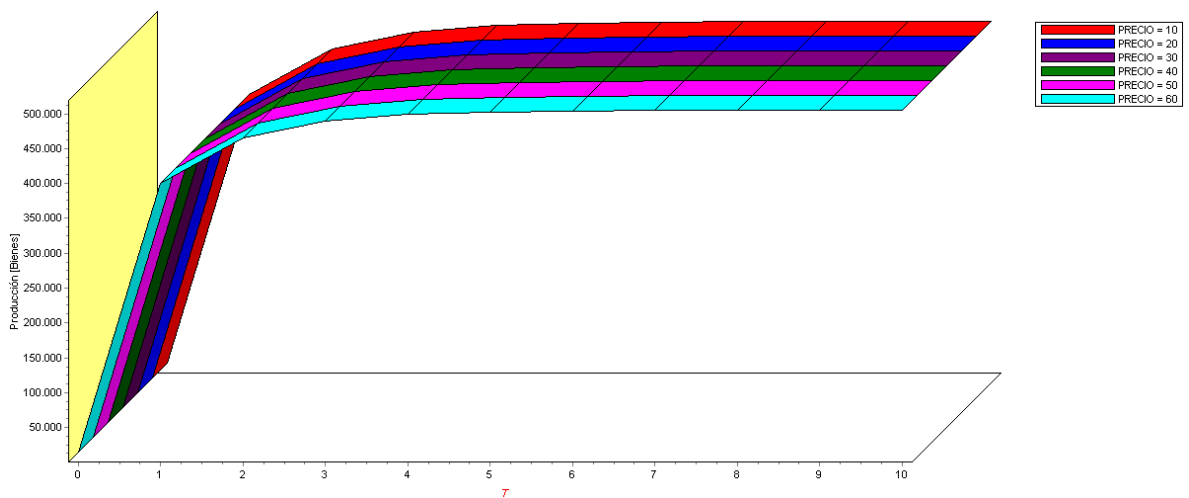


Fuente: Autor

## 4.1.8 Simulaciones

**4.1.8.1 Comportamiento de la producción ante diferentes niveles de precios.** En esta simulación se analiza el comportamiento de la producción frente a políticas que alteran el nivel de precios de una economía. En cada escenario el nivel de precios es diferente, permaneciendo constante durante toda la simulación. La cantidad de trabajo y tecnología no varían y las empresas adquieren el capital deseado de acuerdo a las condiciones del mercado.

Figura 12. Comportamiento de la producción ante diferentes niveles de precios



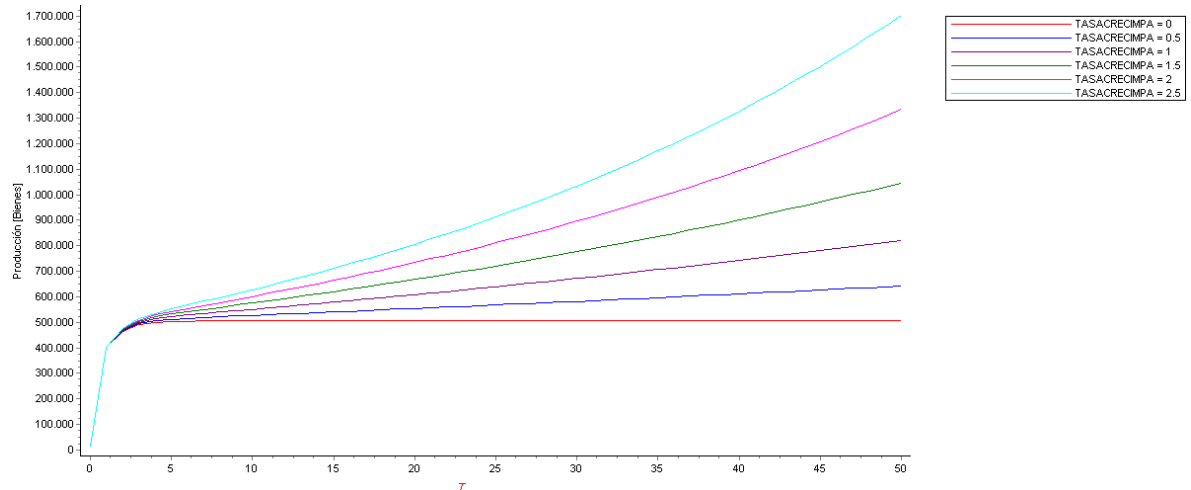
Fuente: Autor

Con base en los resultados que observan en la Figura 12, se infiere que cuando los precios son estables, éstos no alteran la cantidad de producción de bienes y servicios de una economía, es decir, el crecimiento económico no se ve afectado por el nivel de precios. Como se describió anteriormente, la producción sólo depende del capital, el trabajo y la tecnología.

**4.1.8.2 Comportamiento de la producción ante el crecimiento de la oferta de trabajo.** A continuación se desea verificar un comportamiento esperado:

el crecimiento de la oferta de trabajo aumenta la producción de bienes y servicios. Se analiza la producción en seis escenarios, cada uno con diferentes tasas de crecimiento de la oferta de trabajo, con precios estables, tecnología fija, y adquisición de capital sin restricciones.

Figura 13. Comportamiento de la producción ante el crecimiento de la oferta de trabajo

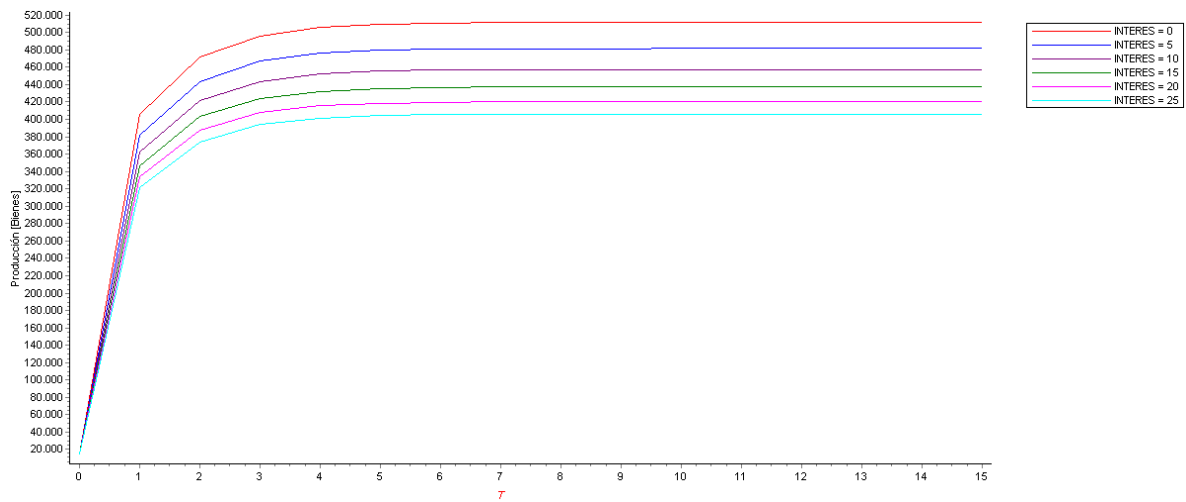


Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de la Figura 13 se verifica que el aumento de la oferta de trabajo, aumenta la producción de una economía. Debido a que el trabajo es un factor de producción, desde luego un aumento del mismo conduce al crecimiento económico. Sin embargo, se aclara que esto sucede cuando la mano de obra está totalmente empleada, es decir, la economía está en pleno empleo.

**4.1.8.3 Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de interés.** Como se describió en la teoría la adquisición de capital por parte de las empresas, depende en buena medida de la tasa de interés. Por tal razón, se analiza el comportamiento de la producción en seis escenarios diferentes, cada uno con una tasa de interés diferente. La tasa interés es estable durante la simulación. Los precios son estables, la cantidad de trabajo y tecnología son fijos. El capital es adquirido sin restricciones.

Figura 14. Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de interés

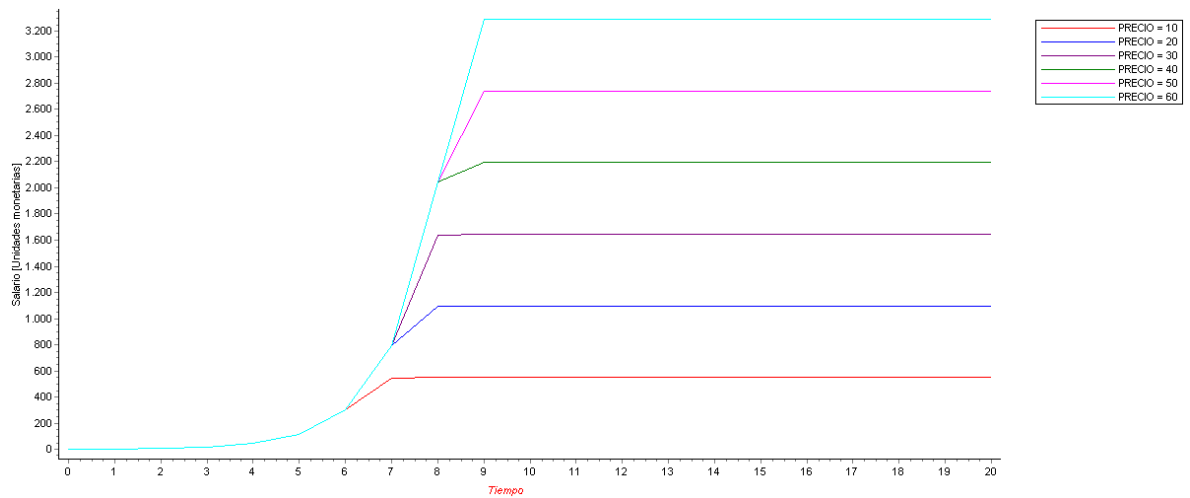


Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de la Figura 14, la tasa de interés afecta el crecimiento económico de un país. Debido a que ésta hace parte del costo del capital, a medida que aumenta se hace menos rentable para las empresas adquirir capital y por consiguiente, la producción de bienes es menor.

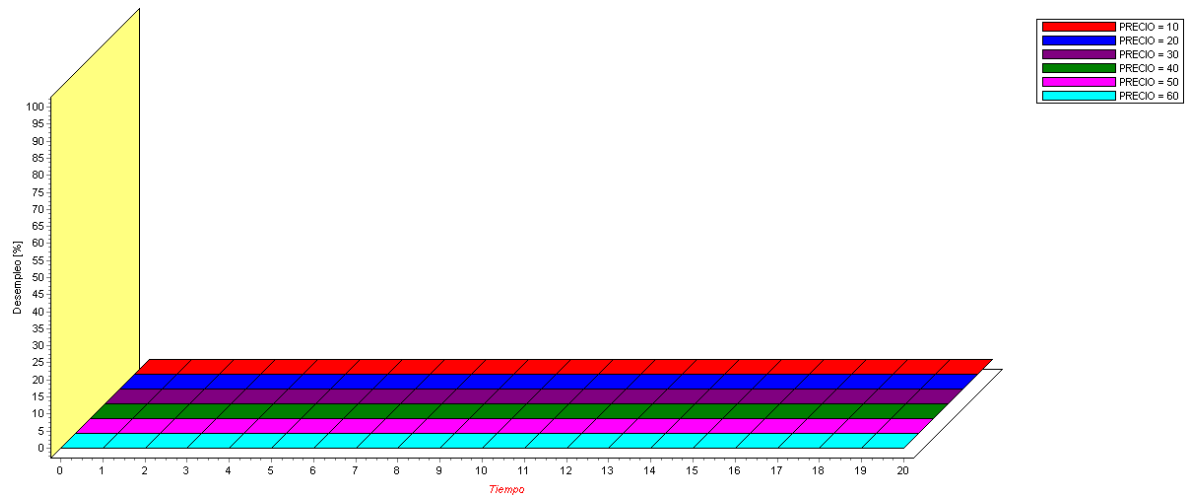
**4.1.8.4 Comportamiento del desempleo y los salarios nominales ante diferentes niveles de precios.** En esta simulación se analizan dos variables que preocupan tanto a las autoridades económicas como a la gente del común: los salarios nominales y el empleo. Estas variables son analizadas en seis escenarios diferentes. En cada uno de ellos el nivel de precios es diferente (sin embargo es estable durante la simulación), la oferta de trabajo aumenta a una tasa fija del tres por ciento, la tecnología es fija y no hay restricciones en la adquisición de capital.

Figura 15. Comportamiento del salario nominal ante diferentes niveles de precios



Fuente: Autor

Figura 16. Comportamiento del desempleo ante diferentes niveles de precios



Fuente: Autor

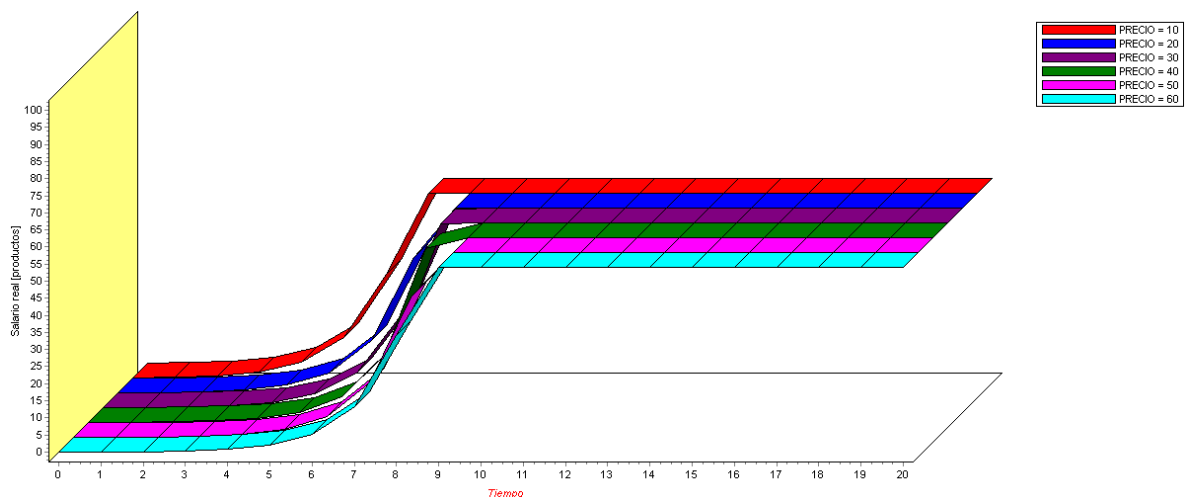
Como se observa en la Figura 16, el desempleo no se ve afectado por los diferentes niveles de precios y además, éste se mantiene en cero, lo que significa que la economía está en pleno empleo. Esto se debe a que el salario nominal se ajusta a las condiciones de mercado, permitiendo que el mercado de trabajo se



equilibrio. La Figura 15 muestra que el salario nominal se equilibra en un mayor valor si el nivel de precios es mayor. Esto quiere decir que los trabajadores reciben más unidades monetarias por su trabajo. No obstante, ¿Recibir una cantidad mayor de unidades monetarias, significa un mejor salario?

**4.1.8.5 Comportamiento del salario real ante diferentes niveles de precios.** Esta simulación se realiza con el fin de responder a la pregunta planteada en la simulación anterior. Un indicador adecuado para obtener la respuesta es el salario real, basado en la premisa de que los trabajadores desean comprar un mayor número de productos con el salario que reciben. Por tal razón, se analiza el comportamiento del salario en seis escenarios diferentes, cada uno con un nivel de precios diferentes, estable durante la simulación. La oferta de trabajo crece una tasa del tres por ciento, la tecnología es fija y no hay restricciones en la adquisición de capital.

Figura 17. Comportamiento del salario real ante diferentes niveles de precios



Fuente: Autor

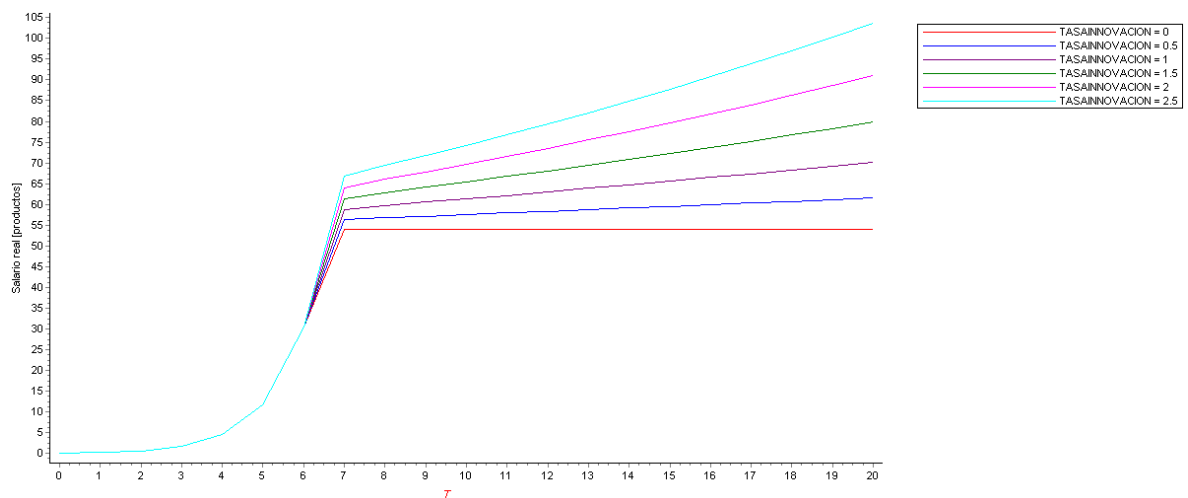
De acuerdo con los resultados de la Figura 17, se infiere que el salario real de los trabajadores no se ve afectado por el nivel de precios, siempre y cuando éstos sean estables. Esto se debe a que un mayor nivel de precios hace que se incremente la demanda de trabajo, pero al no haber un incremento de la misma magnitud en la oferta se produce una discrepancia, la cual es ajustada por un

incremento en el salario nominal. Por consiguiente, el salario real se mantiene constante.

#### 4.1.8.6 Comportamiento del salario real ante desarrollos tecnológicos.

Dado que se encontró que el aumento de los salarios nominales debido a un aumento en el nivel de precios no mejora el salario real de los trabajadores, en esta simulación se opta por analizar la influencia del desarrollo tecnológico sobre los mismos. Esto se hace en seis escenarios, cada uno con una tasa de innovación diferente. La oferta de trabajo crece a un tasa del tres por ciento, el nivel de precios se mantiene estable y no hay restricciones para la adquisición de capital.

Figura 18. Comportamiento del salario real ante desarrollos tecnológicos



Fuente: Autor

Con base en los resultados de la Figura 18, se obtiene infiere que el aumento de la innovación tecnológica aumenta el bienestar económico de los trabajadores por medio del incremento en los salarios reales. De tal manera que quienes manejan la política económica deben enfocar sus esfuerzos mejorar la tecnología que hay en la economía.

## **4.2 PROTOTIPO 2: DEMANDA DE BIENES Y SERVICIOS**

Después de haber considerado los determinantes de la producción de bienes y servicios, se avanza hacia la otra cara de la moneda, la compra o demanda de aquellos bienes.

En este prototipo se recrea la demanda agregada, la cantidad total que está dispuesta a gastar los diferentes sectores de una economía en un determinado periodo (Nordhaus, y otros, 2001). En una economía cerrada los bienes y servicios se utilizan en tres formas diferentes: consumo, inversión y gasto gubernamental.

**4.2.1 Propósito.** El objetivo de este segundo prototipo consiste en integrar la oferta y demanda agregadas. A partir de esta integración, se muestra el equilibrio entre la oferta y demanda agregadas (todo lo que se produce es vendido) y las consecuencias de las decisiones en la demanda agregada sobre la oferta agregada.

### **4.2.2 Restricciones**

- No hay variación de precios. Por lo tanto, se considera que se analiza una economía real.
- Las decisiones que toman los hogares y el gobierno se consideran elementos exógenos del modelo y no gastan más que sus ingresos. Además, éstos no acaparan dinero, en caso de no gastarlo, lo depositan en el banco.
- Los bancos cumplen el papel de intermediarios financieros. No obtienen ningún beneficio económico por servir de enlace entre ahorradores y prestatarios.
- Los bancos mantienen reservas bancarias del ciento por ciento. Por tal razón el máximo monto que pueden otorgar en préstamo a los inversionistas, es la cantidad de dinero captado de los ahorradores.
- En este prototipo no se tiene en cuenta el dinero como medio para realizar transacciones.

### 4.2.3 Gasto agregado

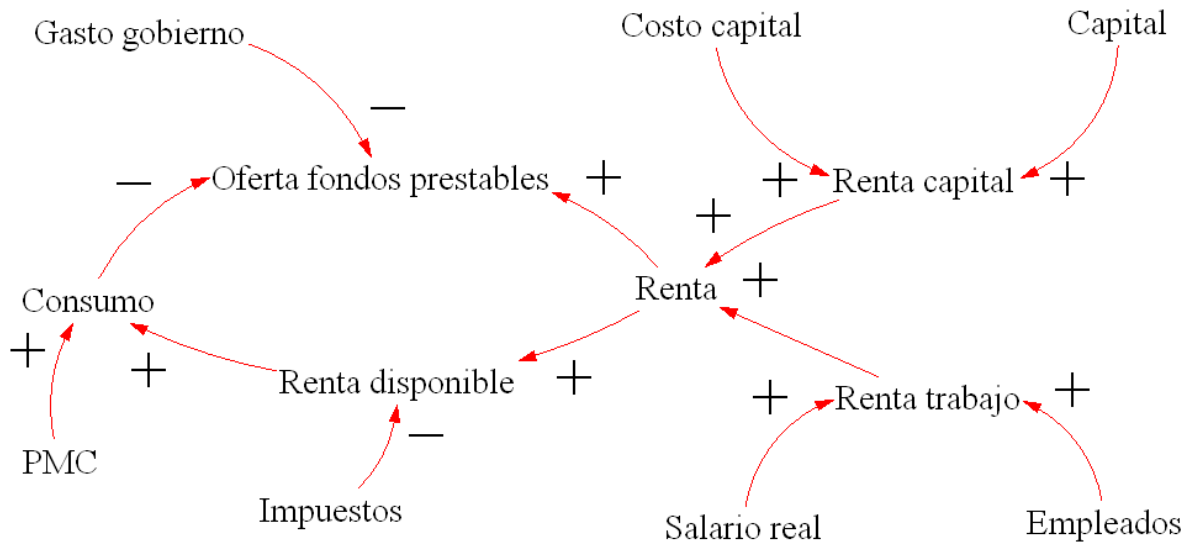
**4.2.3.1 Consumo.** Los hogares reciben renta por su trabajo y su propiedad de capital, pagan impuestos al Estado y deciden la cantidad que van a consumir de su renta después de impuestos y la que van a ahorrar. La renta que reciben los hogares es igual a la producción. El Estado grava a los hogares en una cuantía. La renta que queda una vez pagados todos los impuestos, se denomina renta disponible. Los hogares reparten su renta disponible entre consumo y el ahorro.

La propensión marginal al consumo (PMC) es la cuantía en que varía el consumo cuando la renta disponible aumenta en una unidad monetaria. La PMC oscila entre cero y uno.

**4.2.3.2 Gasto del gobierno.** Las compras del Estado constituyen parte de la demanda de bienes y servicios. El presupuesto del Estado se financia por medio de los impuestos. Si las compras del Estado son menores que el recaudo en impuestos, ese superávit presupuestario, se convierte en ahorro público y se deposita en los bancos. Por otro lado, si las compras del Estado son mayores que la recaudación de impuestos, el Estado emite deuda pública y se financia mediante préstamos en los mercados financieros, reduciendo la cantidad de ahorro de la economía. Sin embargo, en este prototipo se asume que el Gobierno no gasta más de lo que recibe, por lo tanto su presupuesto está balanceado ó está en superávit.

**4.2.3.3 Relaciones de influencia.** En la Figura 19 se aprecia las relaciones de influencia del gasto agregado. Se resalta que no hay ciclos de realimentación. Esto es debido a que se considera que el gasto agregado se compone de decisiones de elementos exógenos al modelo, por lo tanto éstos no se ven influenciados por el sistema.

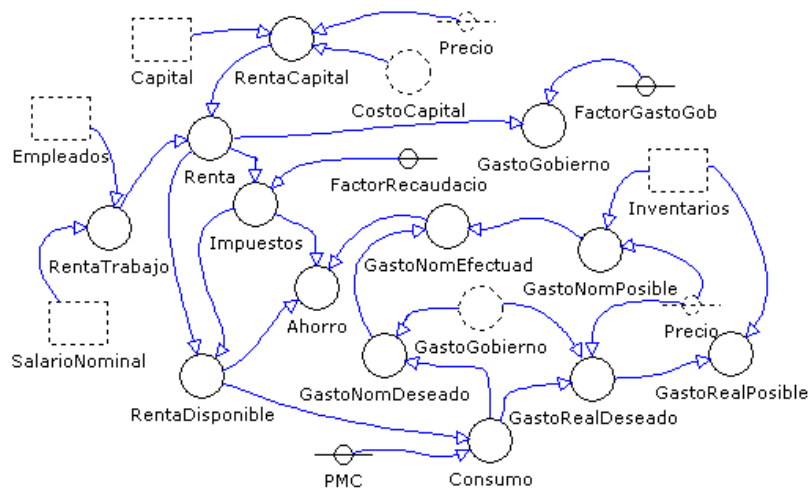
Figura 19. Diagrama de influencias del gasto agregado



Fuente: Autor

**4.2.3.4 Niveles, flujos y auxiliares.** Del diagrama de la Figura 20 se destaca el auxiliar “ahorro”. Este auxiliar se calcula con base a las decisiones que toman los hogares y el gobierno. Más adelante se explica su importancia.

Figura 20. Diagrama flujo-nivel del gasto agregado



Fuente: Autor

**4.2.4 Inversión y los mercados financieros.** La inversión es el aumento y la reposición del stock de capital realizado por las empresas. La cantidad demandada de bienes de inversión depende del tipo de interés, que mide el costo de los fondos utilizados para financiar la inversión. Dado que, el tipo de interés es el costo de adquirir préstamos, la demanda de inversión es inversamente proporcional al tipo de interés. El interés es el elemento que conecta los elementos de la producción con la demanda agregada, por medio del ahorro y la inversión.

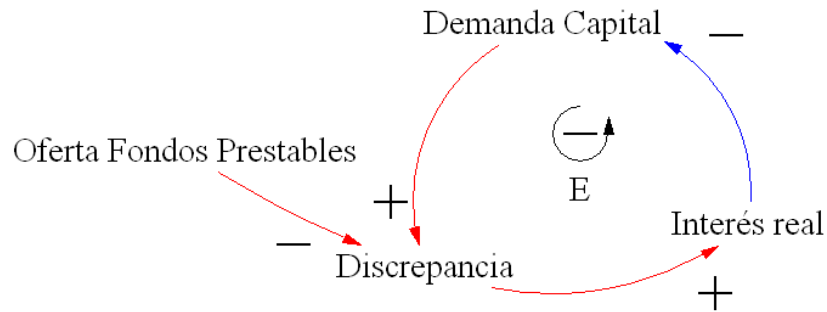
El ahorro y la inversión pueden interpretarse por medio de la oferta y la demanda. En este caso, el “bien” son los fondos prestables y su “precio” es el tipo de interés real. El ahorro es la oferta de fondos prestables: los hogares prestan sus ahorros a los inversores o los depositan en un banco, el cual concede préstamos con esos fondos. La inversión es la demanda de fondos prestables: los inversores piden préstamos al público directamente vendiendo bonos o indirectamente pidiendo préstamos a los bancos. Dado que la inversión depende del tipo de interés, la cantidad demandada de fondos prestables también depende del tipo de interés.

El tipo de interés se ajusta hasta que la cantidad que las empresas quieren invertir es igual a la que los hogares quieren ahorrar. Al tipo de interés de equilibrio, el deseo de los hogares de ahorrar es igual al deseo de las empresas de invertir y la cantidad ofrecida de préstamos es igual a la demanda.

Ya que el gasto agregado depende de las decisiones de gasto de los hogares y de la política fiscal del gobierno, por lo tanto son elementos exógenos del modelo. Por tal razón, la inversión es el elemento endógeno que equilibra la oferta y demanda de bienes y servicios por medio de la tasa de interés que se determina en el mercado de fondos prestables.

**4.2.4.1 Relaciones de influencias.** En la Figura 21 muestra la estructura del mercado de fondos prestables. Se asume que la depreciación es exógena, por lo que la dinámica del mercado de fondos prestables se debe a la tasa de interés. Al igual que el mercado de trabajo, el mercado de fondos prestables presenta una estructura simple de realimentación negativa (Aracil, y otros, 1997). El elemento “interés real” es el encargado de equilibrar el mercado de fondos prestables, de la misma manera como lo hace el salario nominal en el mercado de trabajo.

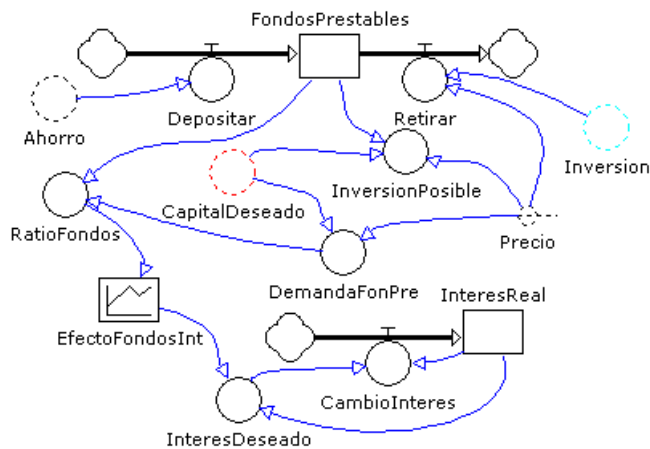
Figura 21. Diagrama de influencias del mercado de fondos prestables



Fuente: Autor

**4.2.4.2 Niveles, flujos y auxiliares.** La Figura 22 es el diagrama flujo-nivel del mercado de fondos prestables construido basado en la guía de Dinámica de Sistemas Roadmaps (Whelan, y otros, 1994). Es en este mercado donde la economía en su conjunto se equilibra. La variable auxiliar “RatioFondos” recoge la información de la demanda y oferta de fondos prestables con el fin de ajustar el nivel “InteresReal” hasta que el mercado esté en equilibrio.

Figura 22. Diagrama de flujo-nivel del mercado de fondos prestables



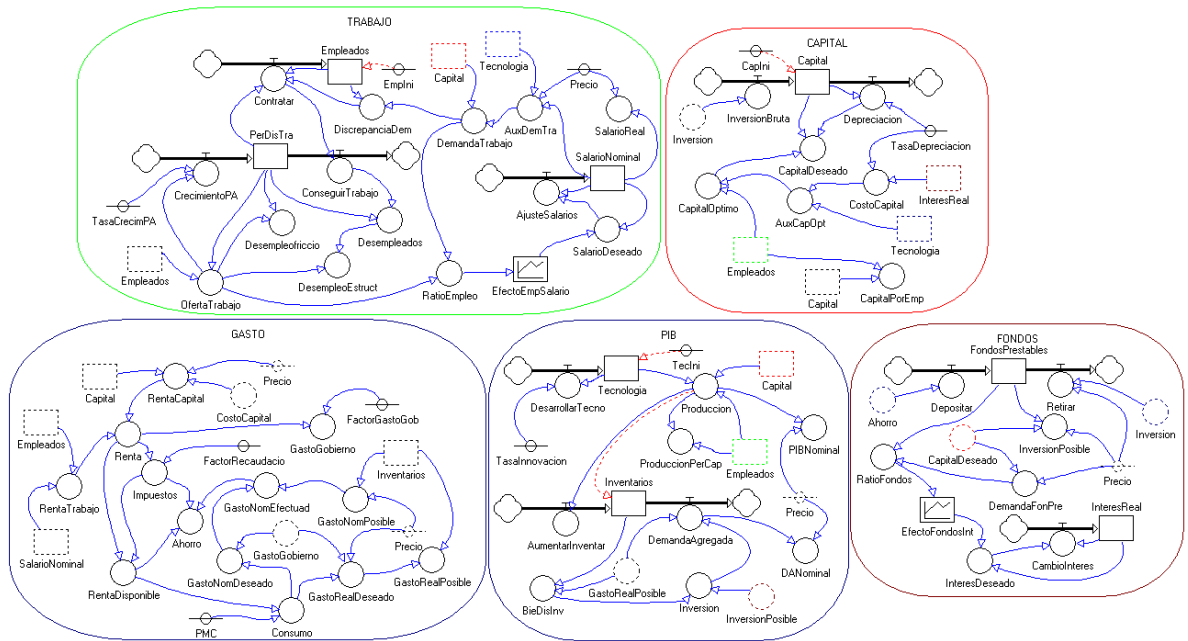
Fuente: Autor

**4.2.5 Diagrama de influencias - Prototipo 2.** La Dinámica de Sistemas mediante su enfoque sistémico, permite la integración de los elementos de un sistema, en este caso de la macroeconomía. La Figura 23 es el diagrama de





Figura 24. Diagrama flujo-nivel de la integración entre oferta agregada y demanda agregada

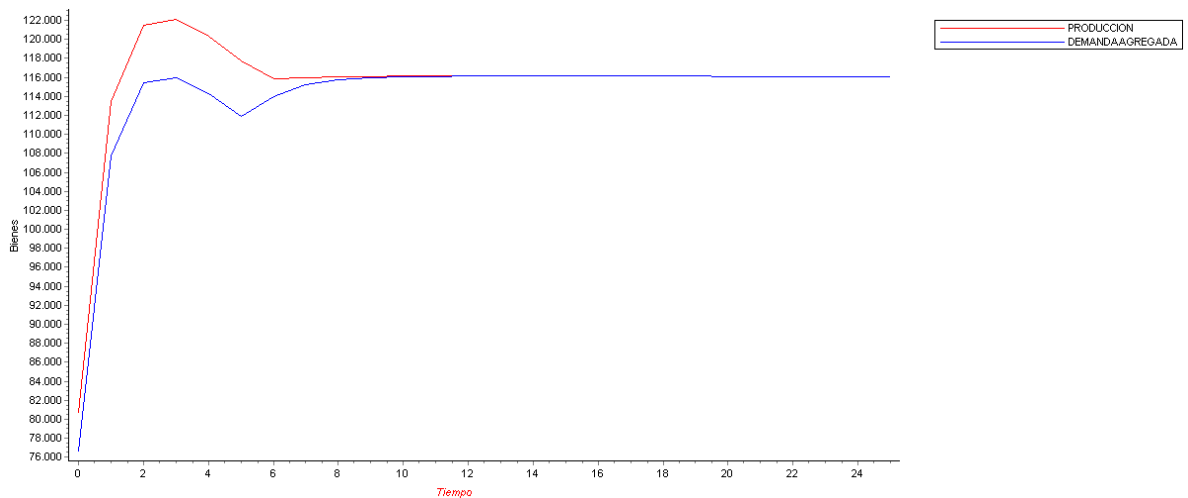


Fuente: Autor

## 4.2.7 Simulaciones

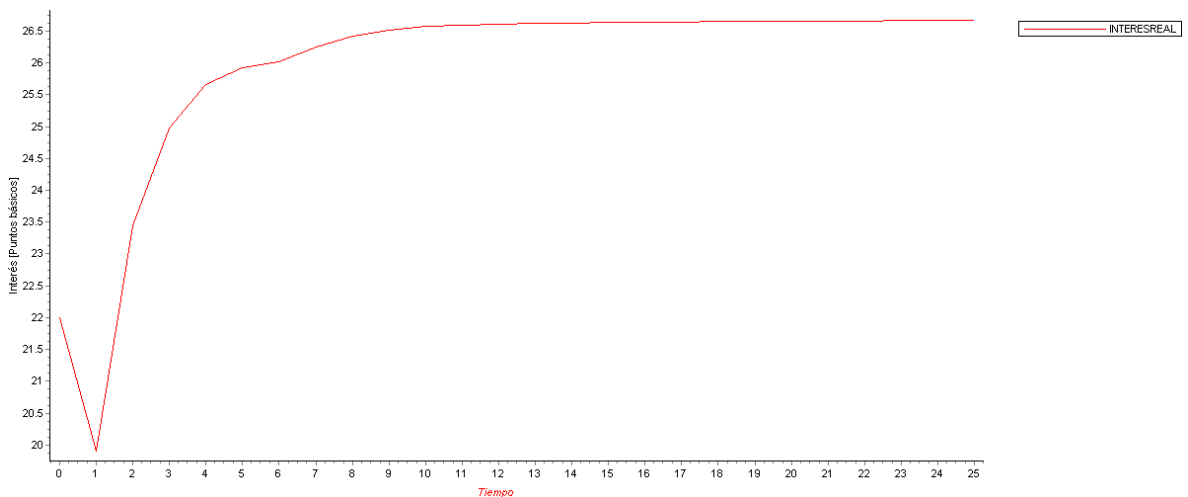
**4.2.7.1 Equilibrio de la oferta agregada y la demanda agregada.** En esta primera simulación del segundo prototipo se analiza el equilibrio de la economía en su conjunto. Por tal razón, se evalúan la oferta agregada, la demanda agregada y la tasa de interés. El trabajo y la tecnología permanecen constantes mientras que el capital se ajusta a las condiciones del mercado. El presupuesto el gobierno es equilibrado y el consumo de los hogares es 0.9 de su renta disponible.

Figura 25. Comportamiento de la oferta agregada y la demanda agregada



Fuente: Autor

Figura 26. Comportamiento de la tasa de interés

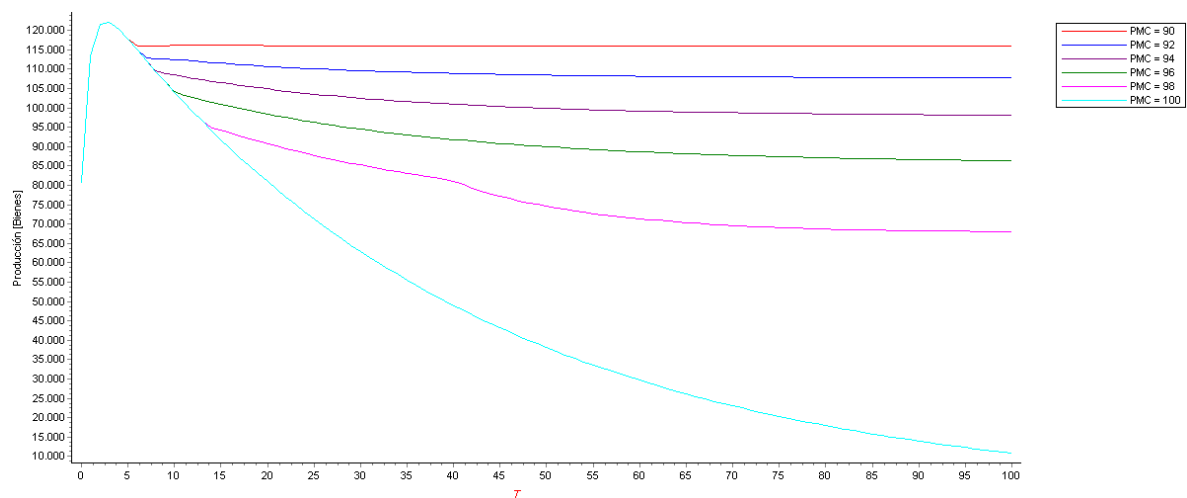


Fuente: Autor

Tal como lo expresa la teoría, la tasa de interés es el elemento que equilibra el mercado de bienes y servicios. Como se observa en la Figura 26 y en la Figura 27, cuando la tasa de interés se estabiliza, la demanda agregada tiende a igualar la oferta agregada. Este resultado es consistente con la Ley de Say (Say, 2001), la cual expresa que todo lo que se produce en una economía es vendido.

**4.2.7.2 Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de ahorro.** Uno de los objetivos de la construcción del segundo prototipo es determinar los efectos que tiene la demanda agregada sobre la oferta agregada. De acuerdo con la teoría, los agentes económicos que toman las decisiones en la demanda agregada son los hogares y el gobierno. Para esta simulación se analizan los efectos de las decisiones de los hogares en el crecimiento económico. Por consiguiente, se evalúa la producción en seis escenarios diferentes, cada uno con una tasa de consumo (o de ahorro) diferente. El trabajo y la tecnología se mantienen constantes, el capital se ajusta a las condiciones del mercado y el gobierno mantiene un presupuesto equilibrado.

Figura 27. Comportamiento de la producción ante diferentes tasas de consumo



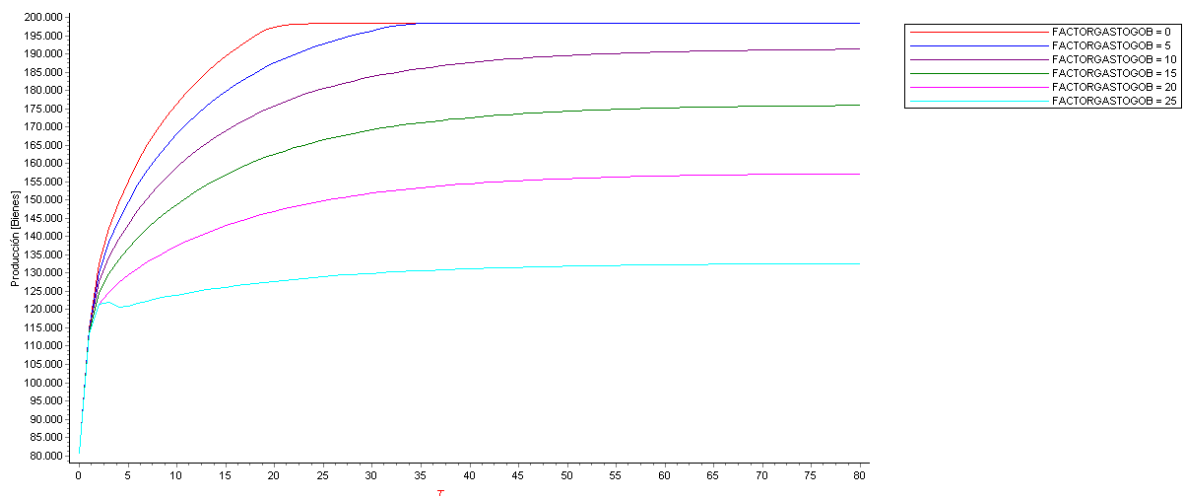
Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de la Figura 27, se observa que a un menor ahorro de los hogares, la producción de la economía es menor. Esto se debe a que cuando los hogares consumen más, los fondos prestables para inversión disminuyen, el costo de capital aumenta (vía tasa de interés), las empresas desean adquirir menos capital y por consiguiente hay menor producción. Adicionalmente, aunque a priori se considera bueno para la economía el hecho que todos los productos se consuman, pero los resultados en el escenario donde el PMC es igual a 100, muestran que la producción tiende a disminuir progresivamente, debido a que no hay reposición del stock de capital. Por lo tanto

se infiere que el ahorro tiene efectos positivos sobre la economía en su conjunto ya que aumenta el nivel de producción.

**4.2.7.3 Comportamiento de la producción ante los efectos de la política fiscal.** En esta simulación se aborda el segundo de los agentes económicos exógenos del modelo: el gobierno. Se analiza el comportamiento de la producción en seis escenarios, cada uno con un gasto fiscal diferente. El trabajo y la tecnología se mantienen constantes, el capital se ajusta a la condiciones del mercado y el consumo de los hogares es de 0.9 de la renta disponible.

Figura 28. Comportamiento de la producción ante los efectos de la política fiscal



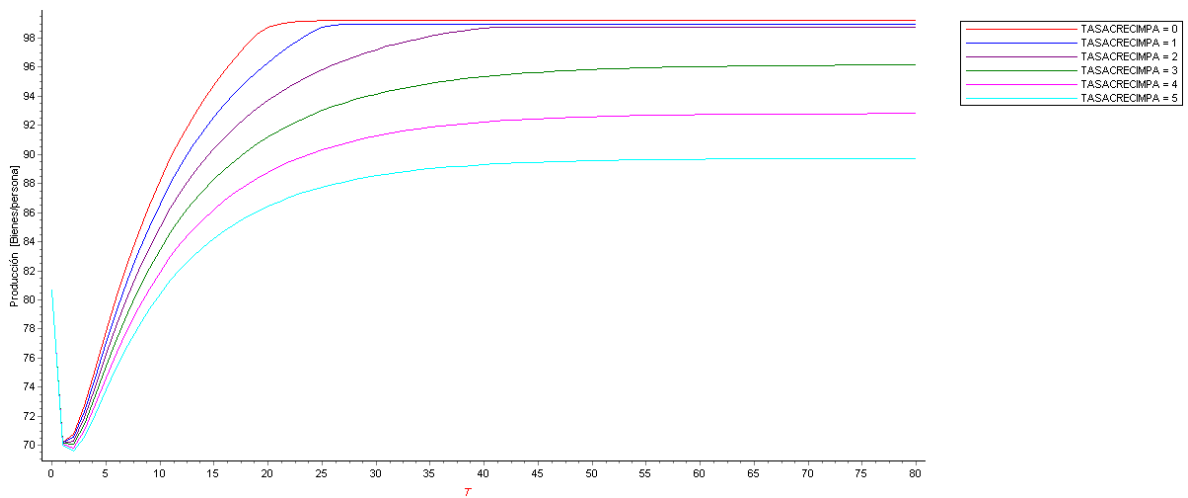
Fuente: Autor

Al igual que el aumento del gasto de los hogares, como se aprecia en la Figura 28, el aumento del gasto fiscal disminuye la producción de la economía debido a la escasez de fondos prestables para realizar inversión. Según modelo económico clásico, el Estado debe procurar mantener un presupuesto equilibrado para no afectar negativamente el crecimiento económico. Sin embargo se asume que los gastos del Estado no incrementan el stock de capital.

**4.2.7.4 Comportamiento de la producción per cápita ante el crecimiento de la oferta de trabajo.** Hasta el momento la oferta de trabajo es constante en las

simulaciones. A partir de ahora, este supuesto cambia y la oferta de trabajo crece a una tasa constante. Sin embargo, como se observó en las simulaciones del primer prototipo se da por hecho que la producción aumenta cuando la oferta de trabajo es mayor. Por lo tanto, es imperativo buscar otro tipo de indicador que proporcione una mejor información. Dado que la renta de una persona depende su propia producción, la producción per cápita se puede considerar como un indicador del nivel de vida de las personas. En consecuencia, se evalúa la producción per cápita en seis escenarios diferentes, cada uno con una tasa de crecimiento diferente de la oferta de trabajo. El presupuesto del Estado es equilibrado, la tecnología es constante, el capital se ajusta a las condiciones del mercado y el consumo de los hogares es 0.9 de la renta disponible.

Figura 29. Comportamiento de la producción per cápita ante el crecimiento de la oferta de trabajo

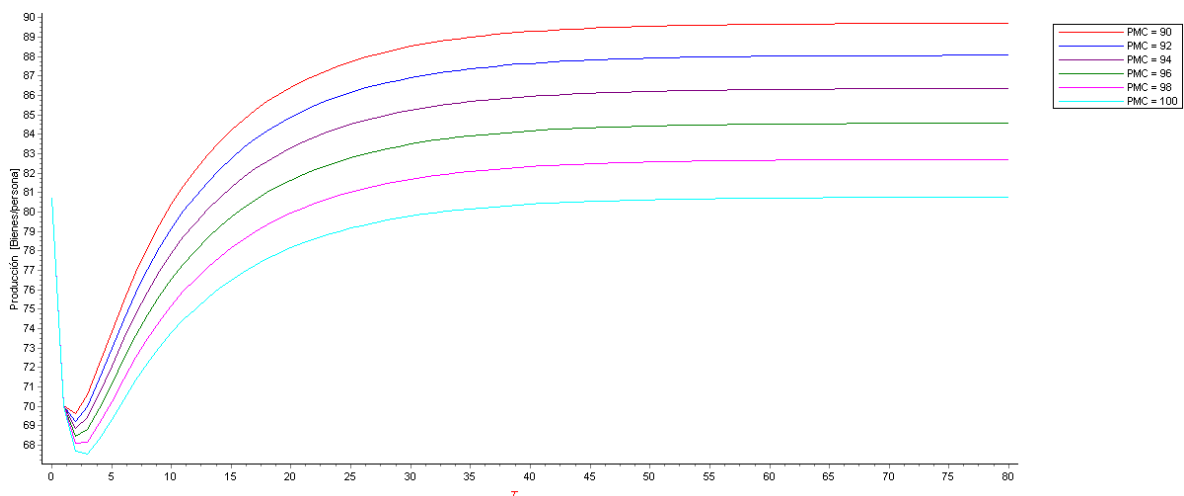


Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de la Figura 29, la producción per cápita disminuye cuando la tasa de crecimiento de la oferta de trabajo es mayor. Esto significa que el nivel de vida del empleado es inferior, dado que recibe menos renta por el trabajo realizado. Esto se debe a que la cantidad de capital por persona está limitada por la cantidad de fondos prestables (ahorro), por lo que los trabajadores cuenta con menos capital para trabajar.

**4.2.7.5 Comportamiento de la producción per cápita ante diferentes tasas de ahorro.** Puesto que controlar tasa de crecimiento de la población puede ser complejo para quienes diseñan las políticas económicas, una medida alternativa para mejorar el nivel de vida de las personas, podría ser una medida que estimule el ahorro en las personas. De tal manera que se evalúa cómo la tasa de ahorro puede afectar el nivel de vida de las personas, tomando como indicador la producción per cápita.

Figura 30. Comportamiento de la producción per cápita ante diferentes tasas de ahorro



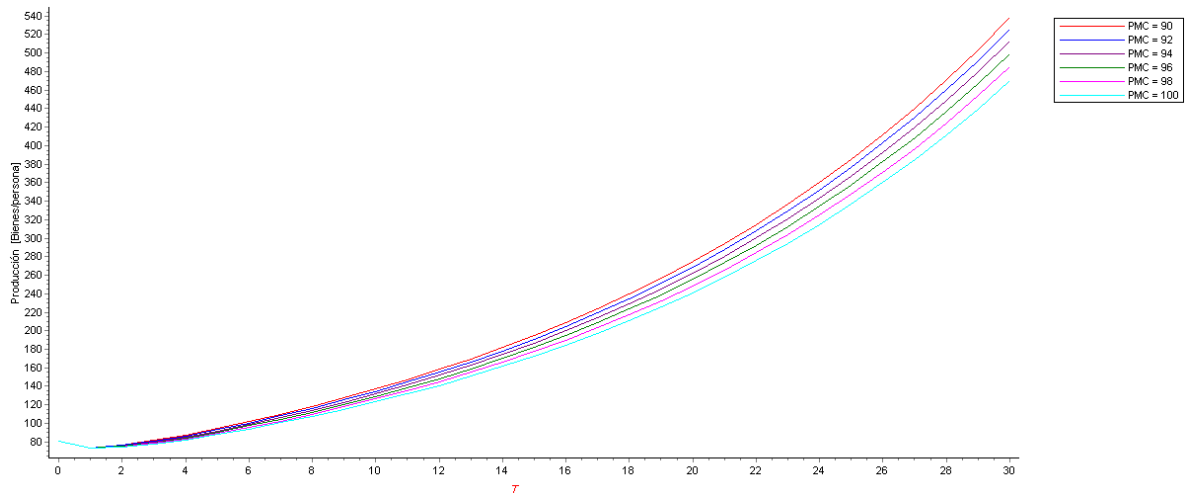
Fuente: Autor

Con base en los resultados de la Figura 30, se aprecia que el ahorro mejora el nivel de vida de las personas gracias a que aumenta el pago realizado a cada trabajador. No obstante, la economía alcanza un punto donde la producción per cápita se estabiliza. Entonces surge una pregunta ¿Qué genera un crecimiento continuo del nivel de vida de las personas?

**4.2.7.6 Efectos del desarrollo tecnológico en el nivel de vida de las personas.** Con el objetivo de responder la pregunta planteada en la simulación anterior, el análisis se enfoca en el factor tecnológico y sus consecuencias sobre el nivel de vida de las personas. Por tal motivo, se evalúa la producción per cápita cuando está presente la innovación y el desarrollo tecnológico. Se realiza la

simulación con las mismas condiciones que en la simulación anterior con la diferencia que el factor tecnológico se incrementa a una tasa constante a través del tiempo.

Figura 31. Efectos del desarrollo tecnológico sobre la producción per cápita.



Fuente: Autor

La Figura 31 muestra la importancia de la investigación y el desarrollo en el nivel de vida de sus habitantes. Cuando este factor crece a través del tiempo, la producción per cápita aumenta de la misma manera. Por tal razón se concluye que el progreso tecnológico mejora el nivel de vida de las personas.

### 4.3 PROTOTIPO 3: DINERO Y VARIACIÓN DE PRECIOS

Hasta ahora la economía que se ha estudiado no tiene en cuenta dos elementos: el dinero y la variación de precios. De tal manera que las variables no se han distorsionado por el efecto de los precios, por lo que se considera que se ha hecho el análisis de una economía real. En este prototipo se hace la transición hacia una economía nominal, en donde se integran los elementos mencionados con los elementos que se han abordado en los dos prototipos anteriores, la cual es una falencia que presenta la educación tradicional.

**4.3.1 Propósito.** Integrar el dinero con los elementos de la oferta agregada y la demanda agregada, mostrando sus efectos sobre el nivel de precios y la producción de bienes y servicios.

#### **4.3.2 Restricciones**

- La política monetaria de este prototipo se enfoca únicamente a la creación de dinero por parte del Banco Central. Por lo tanto no se tienen en cuenta la creación de dinero que se da en los bancos comerciales.
- La creación del dinero por parte del Banco Central no requiere ningún respaldo de bonos ni deuda. Por lo tanto se puede crear tanto dinero como se desee.
- Los agentes económicos no sufren de ilusión monetaria y anticipan el incremento del nivel de precios, por lo se guían por las variables reales.

**4.3.3 Teoría cuantitativa del dinero.** La teoría cuantitativa clásica del dinero, cuyo principal postulado establece una relación directa entre la cantidad de dinero existente en la economía y el comportamiento de los precios, fue la teoría macroeconómica dominante hasta los años treinta del siglo XX cuando, frente a los desequilibrios que presentaron los diferentes mercados durante la gran depresión, los postulados keynesianos mostraron una mayor capacidad para explicar y enfrentar la situación que vivieron las economías del mundo.

Son muchos los esfuerzos de distintos teóricos por formalizar en términos matemáticos los planteamientos y postulados de la Teoría Cuantitativa, sin embargo se hace referencia a los trabajos de Irving Fisher y Alfred Marshall por considerar que en ellos se resumen los principales logros en este campo de la teoría monetaria clásica (Gaviria, 2007).

**4.3.3.1 Irving Fisher: la ecuación de cambio.** En su esfuerzo de formalización Irving Fisher parte del principio según el cual la suma total de dinero pagado por los compradores en una economía siempre es igual a la suma de dinero recibida por los vendedores, es decir que toda compra o venta tiene su contrapartida monetaria equivalente.



Ahora, la suma de dinero pagada por los compradores de una economía puede asimilarse como igual a la cantidad de dinero existente en esa economía (oferta de dinero) multiplicada por la cantidad promedio de veces en que cada unidad monetaria participa en una transacción en determinado período de tiempo (concepto más conocido como la velocidad de circulación de dinero).

De otro lado, la suma recibida por los vendedores puede considerarse como igual a la cantidad de bienes transados multiplicada por los precios de estos. Si sólo se tienen en cuenta las transacciones de bienes finales, entonces los bienes transados pueden medirse a través del producto interno bruto (PIB).

Los anteriores planteamientos se pueden resumir en la siguiente ecuación, que en términos formales es más una identidad pues la igualdad se cumple por definición:

$$M * V = P * PIB$$

Donde M es la oferta de dinero de la economía; V es la velocidad de circulación del dinero; y P es el nivel general de precios de la economía.

Da la identidad macroeconómica básica según la cual PIB = Ingreso (Y) entonces la ecuación puede replantearse de la forma siguiente:

$$M * V = P * Y$$

Esta expresión matemática se conoce en el mundo académico como la “ecuación de cambios” de la Teoría Cuantitativa del Dinero, pues en ella están contenidos sus postulados básicos.

Según Fisher, la oferta de dinero (M) es una variable que es determinada de manera exógena por la autoridad monetaria. Es decir, es una variable que toma valores de manera independiente y, por lo tanto, debe ser considerada como dada en la ecuación de cambios.

La velocidad de circulación del dinero (V) es una variable que depende de factores estables como los hábitos de pago predominantes en la sociedad y la tecnología bancaria, y en todo caso, no se relaciona para nada con las demás variables que componen la ecuación. Por ello Fisher considera a V como constante.

Dada la confianza de Fisher y los teóricos clásicos en la capacidad de ajuste de los mercados para conducir la economía hacia el pleno empleo, en la ecuación se considera que el nivel de ingreso (Y) corresponde al de pleno empleo y, por lo tanto, dicha variable se considera también una constante.

El nivel de precios (P) es la variable dependiente en la ecuación. Es decir, es la variable que se ajusta de manera endógena para corregir cualquier desequilibrio y garantizar así el cumplimiento de la igualdad entre las sumas de dinero pagado por los compradores y las sumas recibidas por los vendedores.

De lo anterior se desprende que, como el ingreso y la velocidad de circulación son constantes, una variación en la oferta de dinero, cuyo único origen posible está en las decisiones de política de la autoridad monetaria, siempre se traduce en variaciones equivalentes en el nivel de precios. El comportamiento del nivel de los precios estará pues determinado por la cantidad de dinero existente en la economía, postulado básico de la Teoría Cuantitativa del Dinero.

Hasta el momento sólo se ha hecho referencia a que las variaciones en la cantidad de dinero de la economía son la fuente de los cambios en el nivel general de los precios, pero no se explicó el proceso a través del cual esas fluctuaciones de la oferta de dinero afectan los precios, el mismo que en la literatura en macroeconomía se conoce como el mecanismo de transmisión.

En la explicación del proceso se puede acudir a los postulados de David Hume y David Ricardo, llegando a las mismas conclusiones finales pero por caminos y razones distintas. Según el postulado de David Hume, las variaciones en la oferta de dinero se transmiten a los precios a través de los cambios que se producen en el corto plazo en los salarios y el nivel de empleo. En el caso de un incremento en la cantidad de dinero, ello genera inicialmente una mayor demanda de bienes y servicios en la economía lo cual estimula una mayor producción y, como resultado de ello, se traduce en el corto plazo en una elevación en el nivel de empleo y en una consecuente mejora en los salarios de los trabajadores.

Pero con el tiempo esa mejora en los salarios conduce, por el aumento en los costos, a la elevación de los precios y la consiguiente reducción en la demanda y el nivel de empleo. Es decir, lo único permanente es la elevación en los precios siendo lo demás transitorio.

Siguiendo a David Ricardo, el impacto de las variaciones en la cantidad de dinero sobre los precios se transmite de manera directa y sin que se presenten cambios, ni aún a corto plazo, en variables reales como el empleo y el producto. Es decir, la expansión de la oferta de dinero genera una elevación en la demanda agregada de la economía y ello conduce de manera inmediata a una elevación de los precios, ante la incapacidad de la economía para responder a ese estímulo de demanda (Gaviria, 2007).

**4.3.3.2 Alfred Marshall: la ecuación de saldo efectivo.** Una formalización complementaria al trabajo de Fisher fue desarrollada en Cambridge a principios del siglo XX por los economistas Alfred Marshall y A. C. Pigou, pero es al primero de ellos a quien se le atribuyen los mayores desarrollos y a quien se asocia la versión formalizada de la Teoría Cuantitativa del Dinero.

El trabajo de Marshall y Pigou, también conocido como el “enfoque de Cambridge”, apunta más hacia la construcción de una teoría de la demanda de dinero, lo cual se constituye en la gran contribución de estos teóricos al desarrollo de la teoría monetaria, pues las conclusiones sobre el impacto de los cambios en la oferta de dinero sobre los precios y el mecanismo de transmisión de dichos efectos no son en nada diferentes a las anteriores.

Los economistas de Cambridge parten de considerar la existencia de un mercado de dinero o monetario, donde la oferta (las disponibilidades de dinero) es determinada de manera exógena por la autoridad monetaria y la demanda (las necesidades de dinero) depende de las decisiones de los individuos, es decir, es una variable endógena.

Para definir la demanda de dinero de la economía Marshall y Pigou se preguntan qué es lo que determina la cantidad de dinero que una persona quiere poseer en un momento o período determinado. La pregunta se plantea entonces en términos microeconómicos, haciendo énfasis en el comportamiento de los individuos a la hora de hacer elecciones y conservando la tradición neoclásica que confía en que esos individuos –agentes económicos- toman decisiones racionales.

En el análisis de esos determinantes se observa que el dinero no genera ningún rendimiento financiero y que su beneficio está en la facilidad que provee para realizar transacciones, por ser un activo universalmente aceptado en el intercambio de bienes y servicios. En tal sentido, cuantas más transacciones tenga que efectuar un individuo, tanto más dinero deseará mantener.

El nivel de transacciones que puede realizar un individuo está a su vez vinculado con el monto de su ingreso, por lo cual los requerimientos (demanda) de dinero de las personas son en últimas una proporción de su nivel de ingreso nominal. Adicionalmente, como lo que interesa a las personas es su poder adquisitivo, esa demanda es una proporción constante en términos reales del nivel de ingreso. Es decir, si aumentan los precios la demanda de dinero aumentará en forma proporcional.

Una expresión matemática de lo anterior es la siguiente:

$$M^D = k * P * Y$$

Donde Y es el nivel de ingresos;  $M^D$  es la demanda de dinero; k es la proporción de ingreso que demanda como dinero.

De manera integrada, la consideración de la oferta (M) y la demanda ( $M^D$ ) de dinero como los componentes del mercado monetario o de dinero conforman, desde el punto de vista formal, un modelo con las características siguientes:

$$M = M^D, \text{ condición de equilibrio}$$

$$M^D = k * P * Y$$

Dos variables endógenas:  $M^D$ , P

Una variable exógena: M

Parámetros constantes: k, Y

Modelo que de acuerdo con los postulados matemáticos tiene una única solución y para hallarla se deben resolver en forma simultánea ambas ecuaciones. Como una primera ecuación señala que en equilibrio la oferta y la demanda de dinero son iguales, entonces se puede igualar la ecuación de demanda de dinero a la cantidad de dinero.

$$M = k * P * Y$$

En esta ecuación, la única variable endógena o dependiente es el nivel de precios P, la misma que se ajusta ante desequilibrios entre la oferta y la demanda de dinero, garantizando la tendencia hacia el equilibrio.

En el enfoque Cambridge un incremento en la oferta de dinero genera desequilibrios en el mercado de dinero, en tanto como dicho incremento se producen excesos de dinero en manos de las personas, pues no por ellos sus niveles de transacciones han variado y, por lo tanto, su demanda de dinero tampoco tiene por qué haberse modificado.

Como a las personas sólo les interesa el dinero como elementos que les facilita la realización de transacciones y saben que mantener cantidades de dicho activos superiores a sus necesidades de financiamiento les representa asumir un costo de

oportunidad, en términos del interés que dejan de ganar, tratarán de desprenderse rápidamente de dichos excesos monetarios.

Según Marshall y Pigou, las personas cambiarán ese dinero por bienes y servicios, adelantando para ellos las compras de periodos futuros. Como consecuencia de una acción que es generalizada en la economía, la demanda agregada se expandirá y, como la economía no es capaz de responder a ese estímulo demanda por estar en pleno empleo, los precios tenderán a elevarse.

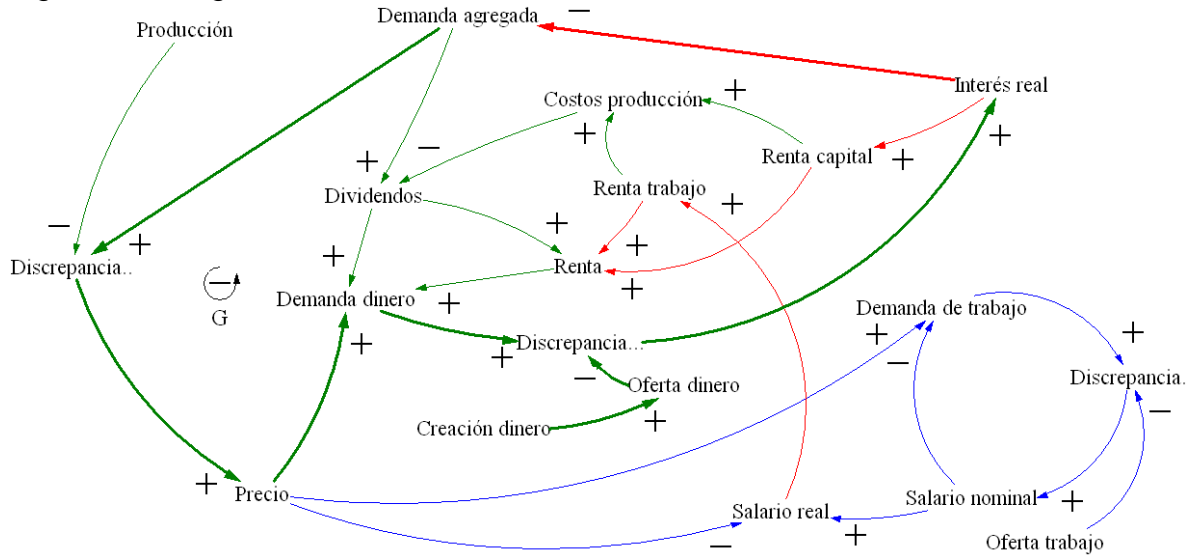
Ese incremento en los precios conllevará a su vez a que la demanda agregada vuelva a su nivel inicial, con lo cual lo único permanente es la variación que sufren los precios. Asimismo, por la elevación de los precios y la consecuente mayor necesidad de dinero para financiar el mismo nivel de transacciones, la demanda de dinero en términos nominales aumentará en la misma proporción que lo hicieron éstos, recuperándose con ello el equilibrio en el mercado de dinero (Gaviria, 2007).

**4.3.3.3 Relaciones de influencia.** Entre las falencias que presenta la educación tradicional está la falta de integración de los elementos. En la identidad de la teoría cuantitativa del dinero, la interacción entre los elementos de la oferta agregada y demanda agregada con el dinero no es evidente. La Figura 32 es el diagrama de influencias construido a partir de los conceptos de la teoría cuantitativa del dinero, en donde el mercado de dinero se relaciona con el mercado de fondos prestables. Los desequilibrios en el mercado de dinero afectan tanto la tasa de interés real como la oferta fondos prestables (Fields, y otros, 2003).

Por otro lado, un supuesto asumido en el modelo económico clásico, es que el pago a los factores de producción es igual al costo de la producción, pero esto es cierto sólo cuando la economía está en equilibrio; mientras que cuando ésta se encuentra en desequilibrio, los hogares reciben dividendos, es decir, rendimientos obtenidos de las empresas.

Cuando se incluye el dinero en la economía, ésta se hace particularmente compleja, debido a los ciclos de realimentación que aparecen. Por ejemplo, en la figura se aprecia el ciclo de realimentación negativa “G” el cual a través de los precios equilibra al mercado dinero. Esto es a que un exceso en la oferta dinero provoca un aumento en el nivel de precios y este a su vez en la demanda de dinero por lo que el mercado tiende a estabilizarse.

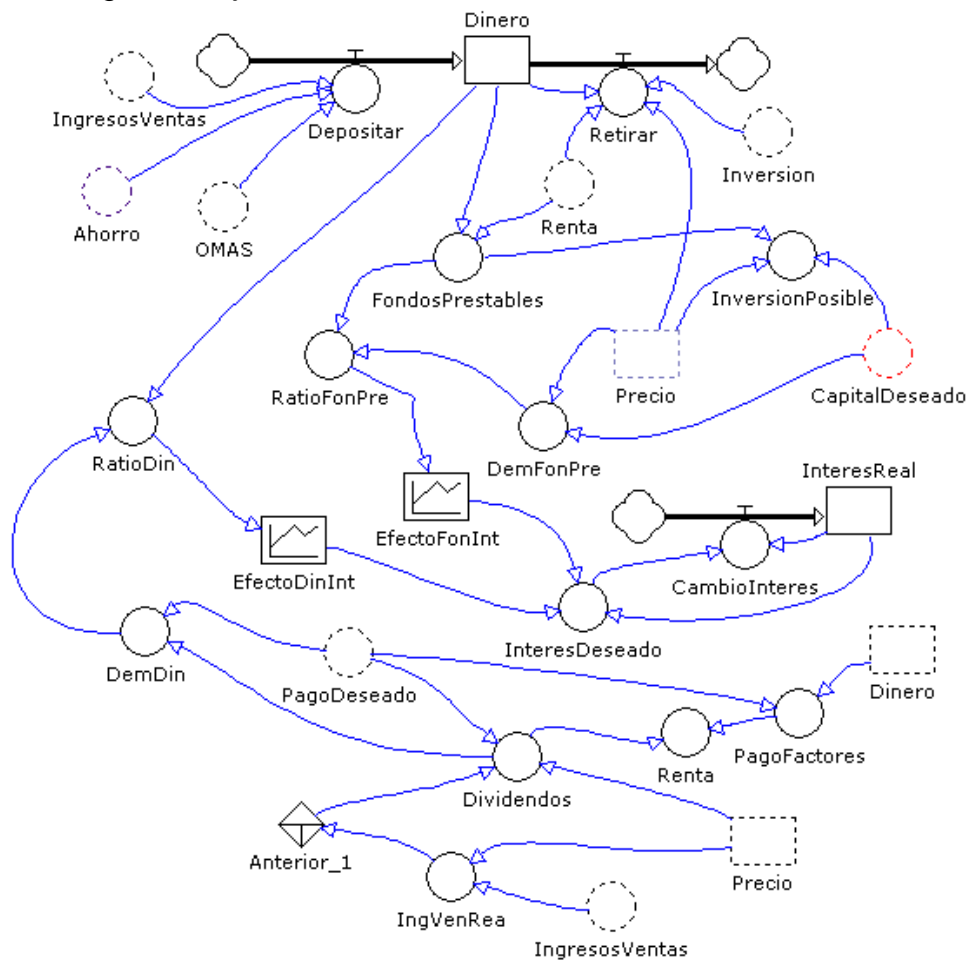
Figura 32. Diagrama de influencias de los efectos del dinero en la economía



Fuente: Autor

**4.3.3.4 Niveles, flujos y auxiliares.** La Figura 33 es la formalización del mercado de dinero en un diagrama de flujo-nivel. Este diagrama es la ampliación del mercado de fondos prestables, donde se integra la creación de dinero por parte del Banco Central y la demanda de liquidez para realizar transacciones. La tasa de interés real se determina tanto por la demanda y oferta de dinero como por la oferta y demanda de fondos prestables.

Figura 33. Diagrama flujo-nivel del mercado de dinero



Fuente: Autor

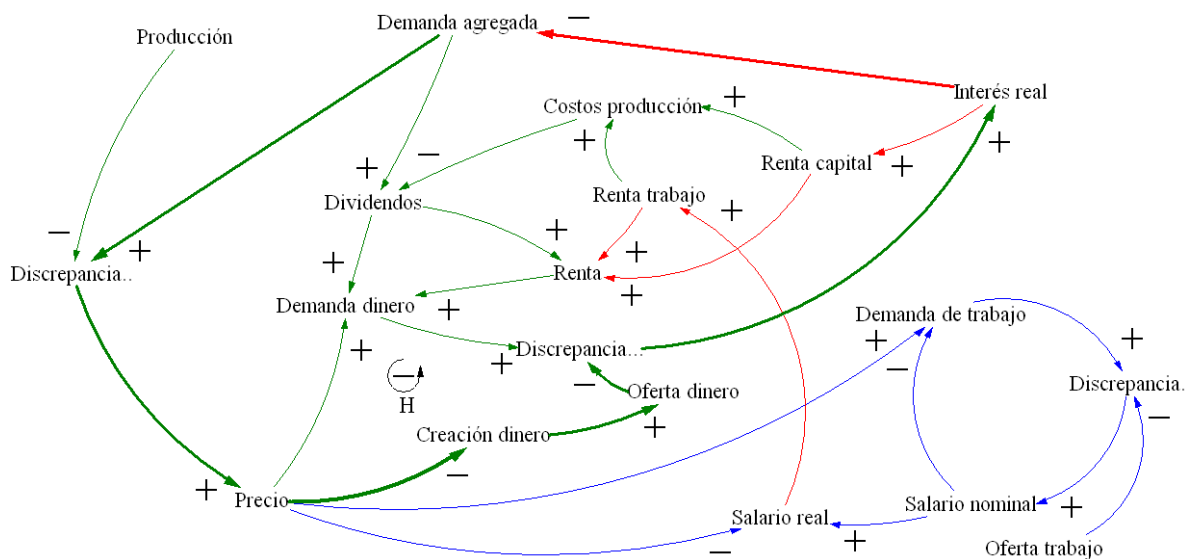
**4.3.4 Política monetaria enfocada en la estabilidad de precios.** La política monetaria es en esencia la acción de las autoridades monetarias- el banco central- dirigida a controlar las variaciones en la cantidad de dinero o crédito, de los tipos de interés e incluso del tipo de cambio con el fin de colaborar con los demás instrumentos de política económica para controlar la inflación, reducir el desempleo, lograr una mayor tasa de crecimiento de la renta o producción real y/o mejorar el saldo de balanza de pagos (Ortiz, 2003).

Teniendo en cuenta la teoría cuantitativa del dinero, la política monetaria de este proyecto se enfoca en la estabilidad de precios. De acuerdo con Milton Friedman (Friedman, 1968) la política monetaria debe ser una política que no dañe la

maquinaria de la economía, ya que ésta no puede controlar las variables reales pero sí puede afectarlas. Por lo tanto, la política monetaria no debe ser fuente de perturbaciones sino por el contrario debe proporcionar un marco estable en el cual las autoridades se enfoquen en los factores que mejoran el nivel de vida de las personas como lo es la tecnología y la investigación. La recomendación de Friedman, la cual se toma para el modelo, es controlar la tasa de creación de dinero con el fin de estabilizar los precios.

**4.3.4.1 Relaciones de influencia.** El diagrama de influencias de la Figura 34 es similar al diagrama de influencias de la Figura 33 con la diferencia que hay una relación de signo negativo entre “precio” y “creación de dinero”. Esta relación forma el ciclo de realimentación negativa “H”, el cual es la representación de la política monetaria que ajusta la creación de dinero con el fin de estabilizar el nivel de precios de la economía.

Figura 34. Diagrama de influencias de la política monetaria



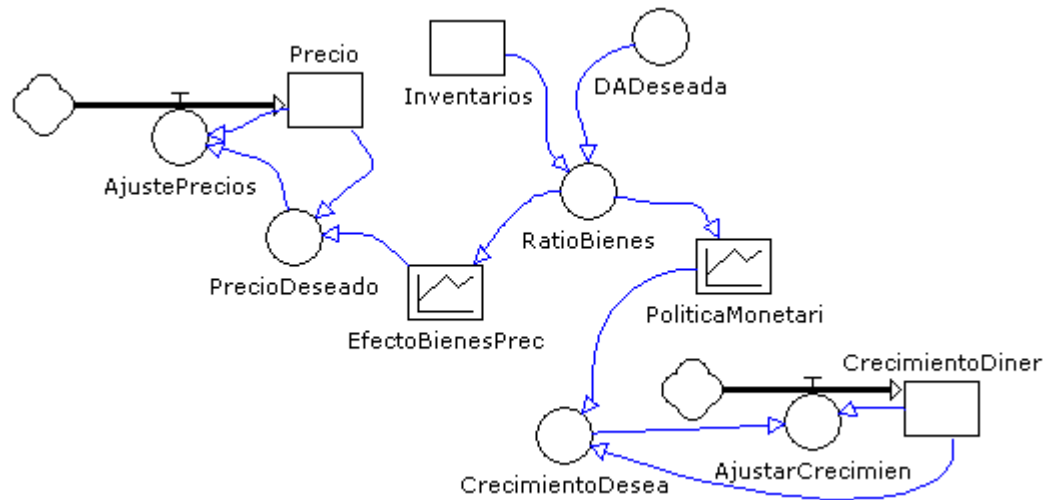
Fuente: Autor

**4.3.4.2 Niveles, flujos y auxiliares.** La Figura 35 es la formalización de la política monetaria en un diagrama flujo-nivel. El auxiliar “RatioBienes” recoge la información de la producción de bienes y servicios (“Inventarios”) y la cantidad que desean comprar los agentes económicos con el dinero que tienen a su



disposición (“DADeseada”). Cuando hay desequilibrio en este auxiliar, los precios aumentan si la demanda es mayor a la oferta y disminuye en el caso contrario. Además, con la información de la variable “RatioBienes” el nivel “Crecimiento de dinero” se ajusta con el fin de estabilizar los precios a través de la influencia sobre la demanda agregada, específicamente la inversión.

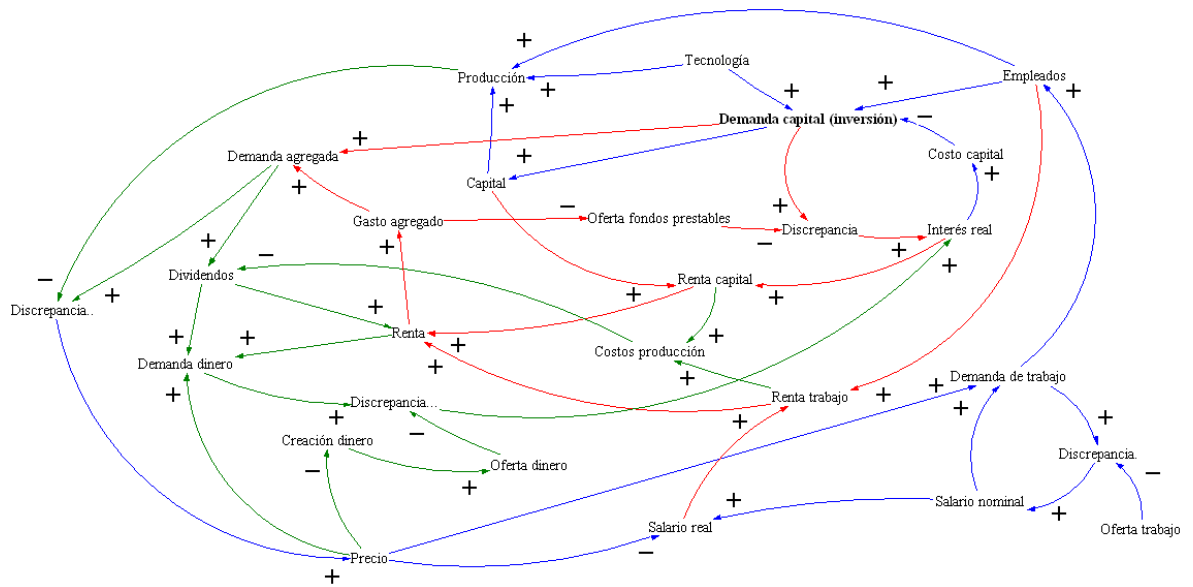
Figura 35. Diagrama flujo-nivel de la política monetaria



Autor: Fuente

**4.3.5 Diagrama de influencias – Prototipo 3.** La Figura 36 es el diagrama de influencias de los elementos representativos del tercer prototipo. Debido a la complejidad del sistema, se omiten elementos que se han trabajado hasta el momento, ya que se asume su comprensión. Este diagrama se muestra con el fin de hacer evidente la compleja red de interacciones presentes en la economía que no son apreciables en la identidad de la teoría cuantitativa del dinero.

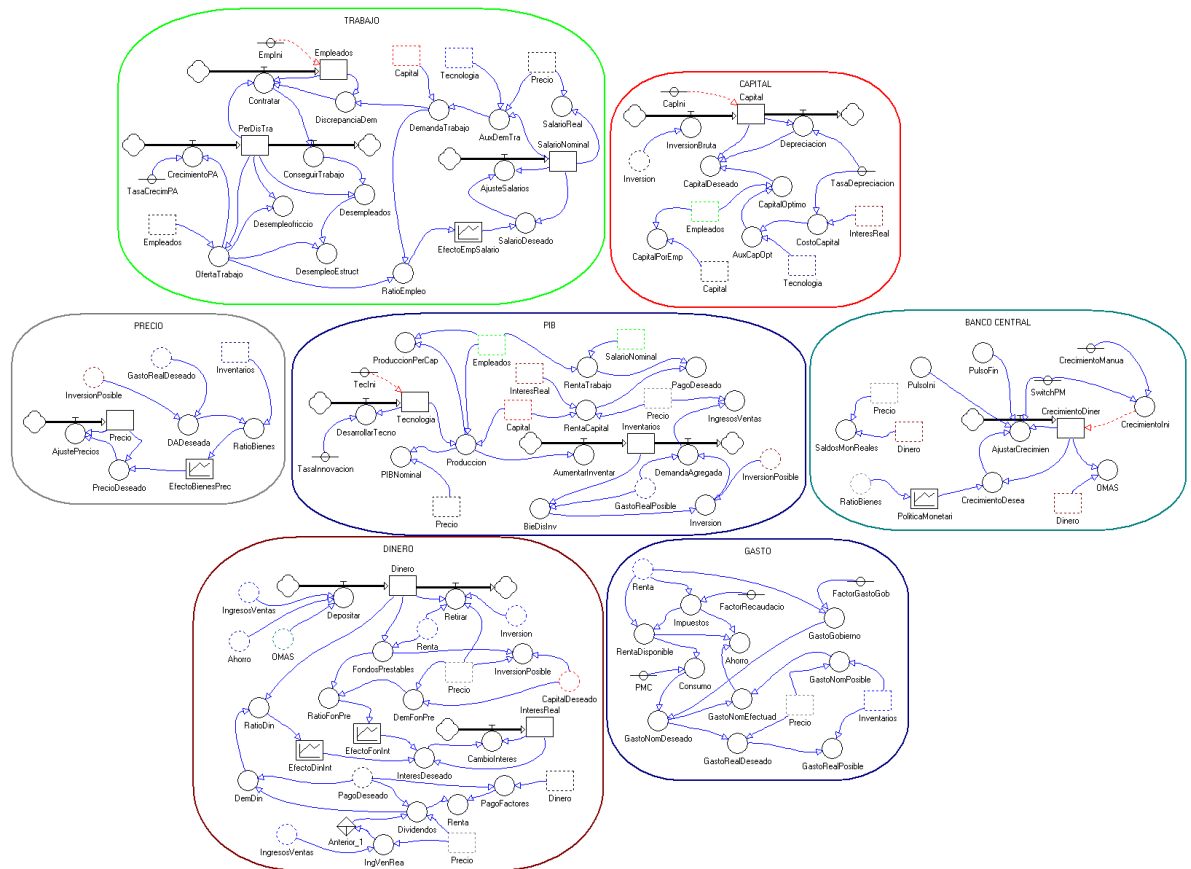
Figura 36. Diagrama de influencias de los elementos representativos de la economía



Fuente: Autor

**4.3.6 Diagrama flujo-nivel – Prototipo 3.** La Figura 37 es el resultado final de integrar en un solo diagrama los elementos del modelo clásico económico. Este diagrama flujo-nivel reúne los conceptos de oferta agregada, demanda agregada y el dinero que se abordaron durante el proyecto.

Figura 37. Diagrama flujo-nivel del prototipo final

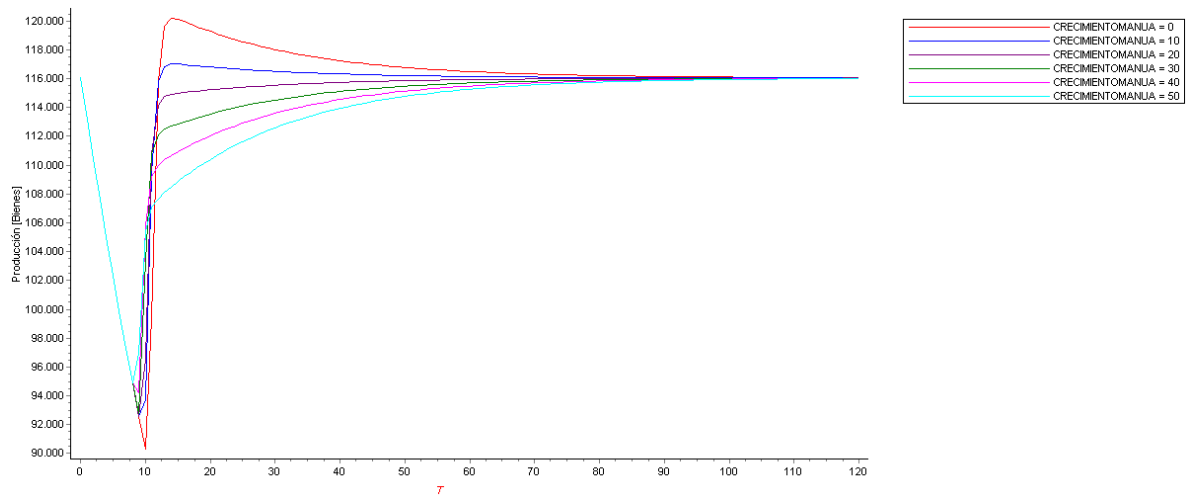


Fuente: Autor

### 4.3.7 Simulaciones

**4.3.7.1 Comportamiento de la producción ante el crecimiento de la oferta monetaria.** Uno de los objetivos de quienes diseñan las políticas económicas debe ser el de mejorar el nivel de vida de las personas. En términos económicos, el bienestar de las personas mejora cuando hay un aumento en la producción de bienes y servicios. En consecuencia, la política monetaria debe procurar por un mayor crecimiento económico. En tal sentido, se evalúa el comportamiento de la producción bienes y servicios en seis escenarios diferentes, cada uno con una tasa de crecimiento de dinero diferente. La tecnología y el trabajo se mantienen constantes y la cantidad de capital se ajusta a las condiciones del mercado.

Figura 38. Comportamiento de la producción ante el crecimiento de dinero

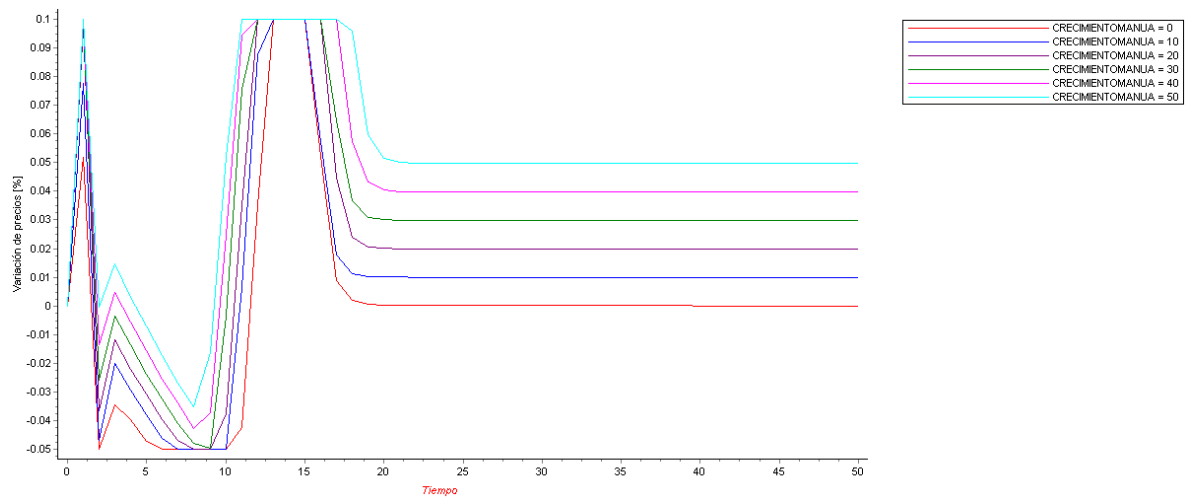


Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados de la Figura 38, se infiere que en el largo plazo, el aumento de la oferta monetaria no tiene efecto sobre la producción de bienes y servicios debido a que el mercado se estabiliza, es decir hay pleno empleo, y la economía alcanza su producción potencial. En otras palabras, la producción depende de la cantidad de factores de producción y no de la cantidad de dinero que hay en la economía. Por lo tanto, la creación de dinero (política monetaria) en una economía no mejora el nivel de vida económico de la personas.

**4.3.7.2 Comportamiento de los precios ante el crecimiento de la oferta monetaria.** Según la teoría cuantitativa del dinero, el crecimiento de la oferta monetaria da como resultado un aumento generalizado del nivel de precios. Esta simulación se realiza con el propósito de verificar este postulado. En seis escenarios diferentes se evalúa el comportamiento del nivel precios, cada uno con una tasa de crecimiento de la oferta monetaria. La tecnología y el trabajo se mantienen constantes y la cantidad de capital se ajusta a las condiciones del mercado.

Figura 39. Comportamiento del nivel de precios ante el crecimiento de la oferta monetaria

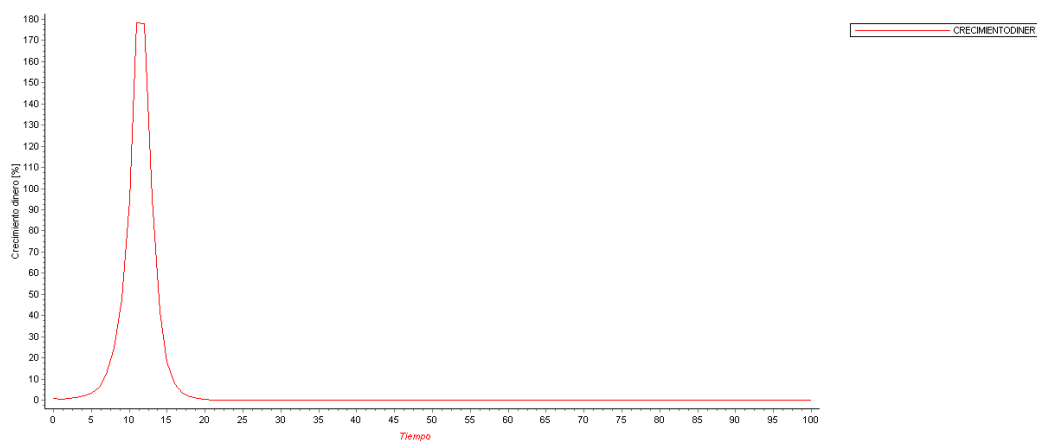


Fuente: Autor

Los resultados que muestra la Figura 39 indican que el crecimiento de la oferta monetaria genera un crecimiento en el nivel de precios. Esto se debe a que los agentes económicos tienen más dinero del que desean y por lo tanto intentan deshacerse de ese exceso tratando de comprar una mayor cantidad de bienes. Sin embargo, la cantidad de bienes disponibles en la economía está limitada por la cantidad de producción, por lo que resulta una inflación generalizada en la economía.

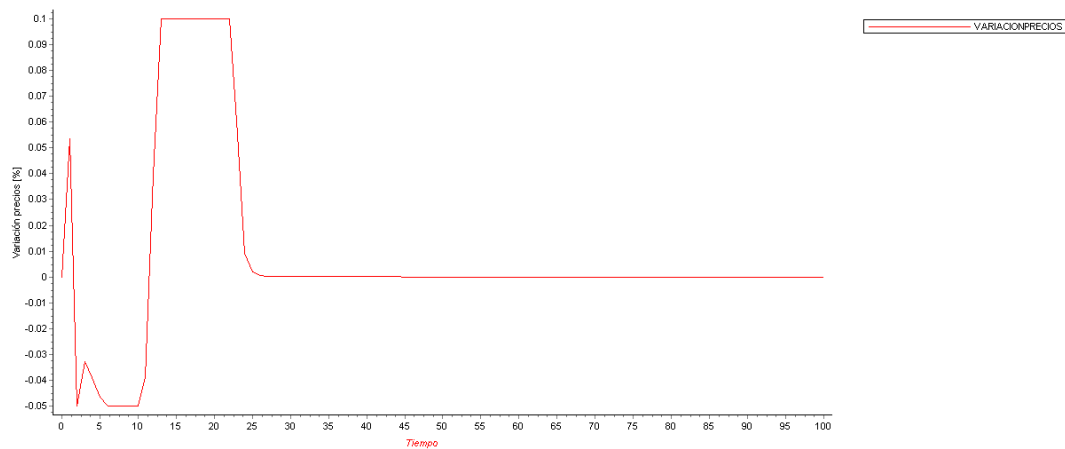
**4.3.7.3 Política monetaria enfocada en la estabilidad de precios.** Con base en los resultados de las simulaciones anteriores y atendiendo la recomendación de Milton Friedman (Friedman, 1968) en la cual la política monetaria debe proporcionar un marco de estabilidad a la economía, se evalúa el comportamiento de los precios ante una política monetaria basada en el control de la tasa de crecimiento de la oferta monetaria. El trabajo y la tecnología se mantienen constantes y la cantidad de capital se ajusta a las condiciones del mercado.

Figura 40. Comportamiento de la tasa de crecimiento de la oferta monetaria



Fuente: Autor

Figura 41. Comportamiento de la variación de precios ante una política monetaria estabilizadora



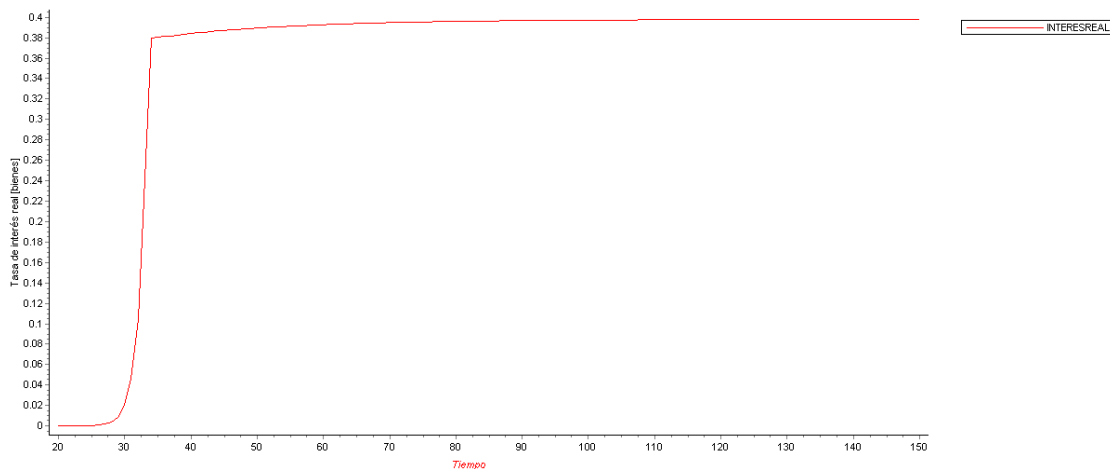
Fuente: Autor

Los resultados obtenidos en la Figura 41 y en la Figura 42 muestran el objetivo de la política monetaria, el cual debe ser el de la estabilidad de precios o control de la

inflación por medio de la tasa de creación de dinero. Así, el gobierno se puede enfocar en problemas reales como lo es buscar aumentar el crecimiento económico por medio de medidas que incentiven el ahorro en los agentes económicos o el desarrollo e investigación de nuevas tecnologías.

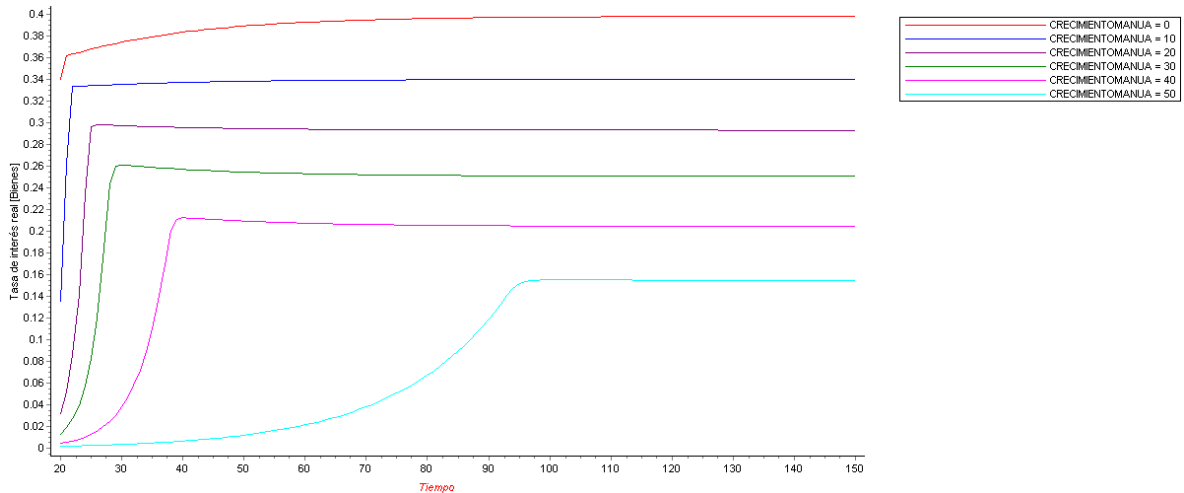
**4.3.7.4 Comportamiento de la tasa de interés ante el crecimiento de la oferta monetaria.** Como se ha visto, el crecimiento de dinero sólo afecta variables nominales como la producción nominal, los salarios nominales o el nivel de precios de la economía. Sin embargo, la tasa de interés real es el valor del dinero a través del tiempo, por lo que la política monetaria tiene una influencia directa sobre esta variable. Con el fin de comprender el comportamiento de la tasa de interés real ante las acciones de la política monetaria, ésta se evalúa de dos maneras. Primero se encuentra la tasa de interés real que estabiliza el mercado, por medio de la política monetaria enfocada en la estabilización de precios. Y segundo, se evalúa la tasa de interés real ante diferentes tasas de crecimiento de la oferta monetaria. El trabajo y la tecnología se mantienen constantes y el capital se ajusta a las condiciones del mercado.

Figura 42. Tasa de interés real que equilibra el mercado de bienes y servicios



Fuente: Autor

Figura 43. Comportamiento de la tasa de interés ante el crecimiento de la oferta monetaria



Fuente: Autor

Finalmente, con los resultados que se muestran en la Figura 43 y en Figura 44 se comprende el rol de la tasa de interés real en la variación del nivel de precios de la economía. La Figura 43 es la tasa de interés que equilibra el mercado de bienes y servicios, conseguida mediante una política monetaria estabilizadora. Dado que los factores de producción se mantienen constantes, esto da como resultado una producción de bienes y servicios constante, por lo tanto no hay necesidad de crear dinero adicional, en decir, la tasa de crecimiento de la oferta monetaria que equilibra el mercado es cercana a cero. En la Figura 44 la trayectoria con tasa de crecimiento monetario igual a cero, es la política monetaria que estabiliza el mercado. Cuando la tasa de crecimiento monetario es superior a cero, la tasa de interés real se mantiene en valor menor. Sin embargo, los resultados de las simulaciones anteriores han mostrado que la producción no sufre ninguna alteración cuando hay una mayor oferta monetaria, por lo que se concluye que una tasa de interés real menor a la tasa de interés real que equilibra el mercado da como resultado un aumento en el nivel de precios (inflación). Esta conclusión se apoya en los hallazgos conseguidos por el premio nobel en economía Milton Friedman (Friedman, 1968), que expresa el Banco Central sólo puede disminuir la tasa de interés real mediante inflación.



#### 4.4 EVALUACIÓN DEL MODELO

Los modeladores de Dinámica de Sistemas han desarrollado una amplia variedad de pruebas específicas para descubrir fallas y mejorar modelos. Con el fin de evaluar el modelo construido con Dinámica de Sistemas en el presente proyecto, se utilizan los test de evaluación que sugiere John Sterman (Sterman, 2000) del MIT Sloan School of Management.

**4.4.1 Pruebas de suficiencia de los límites.** Las pruebas de suficiencia de los límites evalúan lo apropiado de los límites del modelo para el propósito requerido. Para este propósito se usa la tabla de límites del modelo, clasificando los elementos del modelo en dos grupos: endógenos y exógenos. Los elementos listados corresponden a los elementos clave de los diagramas de influencias de cada prototipo.

##### 4.4.1.1 Prototipo 1

Tabla 1. Límites del prototipo 1

ELEMENTO	ENDÓGENO	EXÓGENO
Capital	X	
Crecimiento población		X
Demanda capital (Inversión)	X	
Demanda trabajo	X	
Depreciación	X	
Desarrollo e investigación		X
Empleados	X	
Interés real		X
Oferta trabajo	X	
Precio		X
Producción	X	
Salario nominal	X	
Salario real	X	
Tasa depreciación		X
Tecnología	X	

Fuente: Autor

#### 4.4.1.2 Prototipo 2

Tabla 2. Límites del prototipo 2

ELEMENTO	ENDÓGENO	EXÓGENO
Capital	X	
Consumo	X	
Crecimiento población		X
Demanda agregada	X	
Demanda capital (Inversión)	X	
Depreciación	X	
Desarrollo e investigación		X
Empleados	X	
Gasto gobierno		X
Impuestos		X
Interés real	X	
Inventarios	X	
Oferta fondos prestables	X	
Oferta trabajo	X	
PMC		X
Precio		X
Producción	X	
Renta	X	
Renta capital	X	
Renta disponible	X	
Renta trabajo	X	
Salario nominal	X	
Salario real	X	
Tasa depreciación		X
Tecnología	X	

Fuente: Autor

#### 4.4.1.3 Prototipo 3

Tabla 3. Límites del prototipo 3

ELEMENTO	ENDÓGENO	EXÓGENO
Capital	X	
Consumo	X	
Creación dinero	X	
Crecimiento población		X
Demanda agregada	X	
Demanda capital (Inversión)	X	
Demanda dinero	X	
Depreciación	X	
Desarrollo e investigación		X
Empleados	X	
Gasto gobierno		X
Impuestos		X
Interés real	X	
Inventarios	X	
Oferta dinero	X	
Oferta fondos prestables	X	
Oferta trabajo	X	
PMC		X
Precio	X	
Producción	X	
Renta	X	
Renta capital	X	
Renta disponible	X	
Renta trabajo	X	
Salario nominal	X	
Salario real	X	
Tasa depreciación		X
Tecnología	X	

Fuente: Autor

De acuerdo con las tablas de límites, el modelo construido es consistente con la teoría descrita en los libros de macroeconomía, ya que ésta considera las

decisiones de los hogares y el gobierno como elementos exógenos, así como el crecimiento de la tecnología, la población y la depreciación con base en la teoría del crecimiento de Solow.

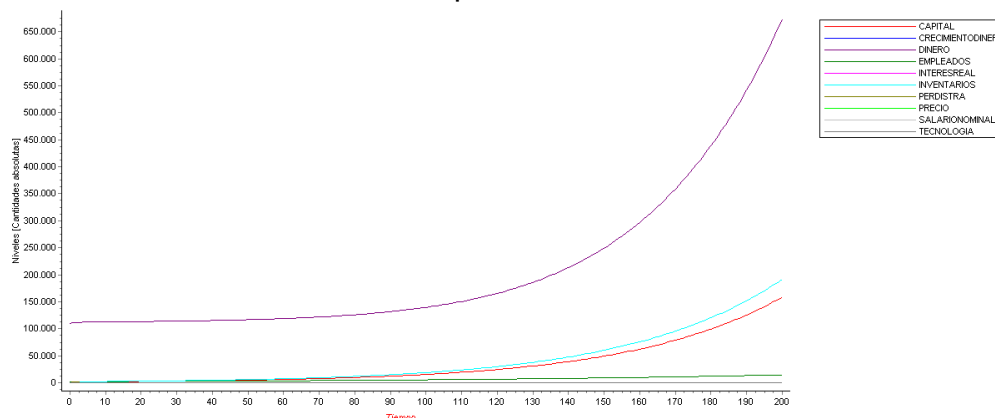
**4.4.2 Pruebas para la evaluación de la estructura.** Las pruebas para la evaluación de la estructura indagan si el modelo es consistente con el conocimiento del sistema real relevante para el propósito requerido. La evaluación de la estructura se enfoca al nivel de la agregación, la conformidad del modelo a las realidades físicas básicas tales como las leyes de la conservación, y el realismo de las reglas de decisión para los agentes.

La evaluación del nivel de agregación se puede observar en la organización hecha por sectores del modelo construido...Ver sección 4.3.6... Además el desarrollo por prototipos que se describe en el capítulo 4 fue justificando la estructura propuesta y expresada en términos de diagramas de influencia y diagramas de flujo –nivel, lo cual se verificó con los resultados de las simulaciones coherentes con los escenarios respectivos.

Por otro lado, durante la construcción del modelo se verificó que cada uno de los niveles no tuviera valores negativos, asegurando que esté acorde con las realidades físicas básicas. La Figura 44 muestra los resultados de una simulación de los niveles que están presentes en el prototipo 3 con valores positivos en cada uno de los parámetros.

Se usa el prototipo 3 dado que al ser un proceso de modelado iterativo e incremental, este prototipo incluye los niveles que están tanto en el prototipo 1 como en el prototipo 2.

Figura 44. Evaluación de los valores que toman los niveles del modelo



Fuente: Autor

En los resultados se observa que ninguno de los niveles toma valores negativos al igual que como sus contrapartes en el mundo real tampoco lo hacen. De tal manera que la prueba de evaluación de la estructura indica que el modelo es consistente con las leyes físicas básicas.

**4.4.3 Consistencia dimensional.** Esta evaluación consiste en asignar unidades a cada una de las variables del modelo a medida que éste se construye, con el propósito de identificar fallas importantes en la comprensión de la estructura o en el proceso de decisión que se está tratando de modelar. En los Anexos A, B, C se encuentra la descripción de cada una de las variables junto con su la unidad de medida.

**4.4.4 Evaluación de parámetros.** Un parámetro es un elemento del sistema que afecta el sistema pero que no se ve afectado por él, en otras palabras, es un elemento exógeno. En esta evaluación se examina el significado de cada uno de los parámetros usados en el modelo y sus valores posibles de acuerdo con el mundo real. Tomando los elementos exógenos de la prueba de suficiencia de límites (...Ver sección 4.4.1...) se extraen los parámetros a los cuales se establecen sus valores posibles, con base en sus contrapartes en el mundo real.

Tabla 4. Evaluación de parámetros

Elemento	Prototipos <sup>8</sup>	Valores posibles	Notas
Crecimiento población	1, 2 y 3	$\geq 0$	Se asume que la población activa no decrece.
Desarrollo e investigación	1, 2 y 3	$\geq 0$	Se asume que el desarrollo se puede estancar, pero no destruir, similar a la realidad.
Interés real	1	$> 0$	Se restringe el valor de la tasa de interés real a valores positivos debido a que es el limitante de la adquisición de capital en el prototipo 1. Si el valor fuera 0, se adquiriría capital infinitamente, algo muy distante de la realidad.
Precio	1 y 2	$> 0$	Al igual que el interés real, el precio es un costo por lo que un valor igual a cero es incongruente.
Tasa depreciación	1, 2 y 3	$> 0$	De acuerdo con los libros de texto la tasa depreciación siempre es positiva dado que las máquinas se desgastan con el transcurrir del tiempo.
Gasto gobierno	2 y 3	$[0, 100] \text{ \& } < \text{ Impuestos}$	Se asume que el gasto del gobierno es proporcional al PIB. Por otra parte se asume que el gobierno no gasta más de lo que recibe en ingresos (impuestos).
Impuestos	2 y 3	$[0, 100]$	Se asume que la recaudación de impuestos es proporcional al PIB.
PMC	2 y 3	$[0, 100]$	Se asume que los hogares no gastan más de lo que reciben de renta disponible.

Fuente: Autor

<sup>8</sup> Debido al carácter iterativo e incremental de proceso de modelado, algunos elementos exógenos pasan a ser endógenos. Por lo tanto en esta columna se hace la claridad en cuáles prototipos el elemento es exógeno.

**4.4.5 Pruebas de condiciones extremas.** Los modelos deben ser robustos bajo condiciones extremas. La robustez bajo condiciones extremas significa que el modelo debe comportarse de una manera realista o de manera coherente con los supuestos que sustentan el modelo, sin importar cuan extremas puedan ser las entradas o políticas impuestas. Las pruebas de condiciones extremas indagan si un modelo se comporta apropiadamente cuando las entradas toman valores extremos tales como cero o infinito.

Las pruebas de condiciones extremas pueden ser llevadas a cabo de dos formas principales: por inspección directa de las ecuaciones del modelo (...Ver anexo A...) y por simulación.

Con el propósito de evaluar el modelo en condiciones extremas, se realizan simulaciones de la variable que conecta la oferta agregada, la demanda agregada y el dinero: la tasa de interés de real. La Tabla 5 muestra los valores de los parámetros asignados una simulación en la cual la tasa de interés se comportó de la manera que se esperaba. Para todos los parámetros la tasa de interés alcanza el equilibrio, excepto cuando el salario nominal es alto ya que en este caso la tasa de interés se desborda debido a que se supera la capacidad de representar número superiores a  $1 \times 10^{308}$  (máxima capacidad que se puede representar en Evolución 4.1). Esto no sucede cuando la cantidad inicial en inventarios es significativamente mayor que el salario nominal como se observa en la tabla.

Tabla 5. Condiciones extremas

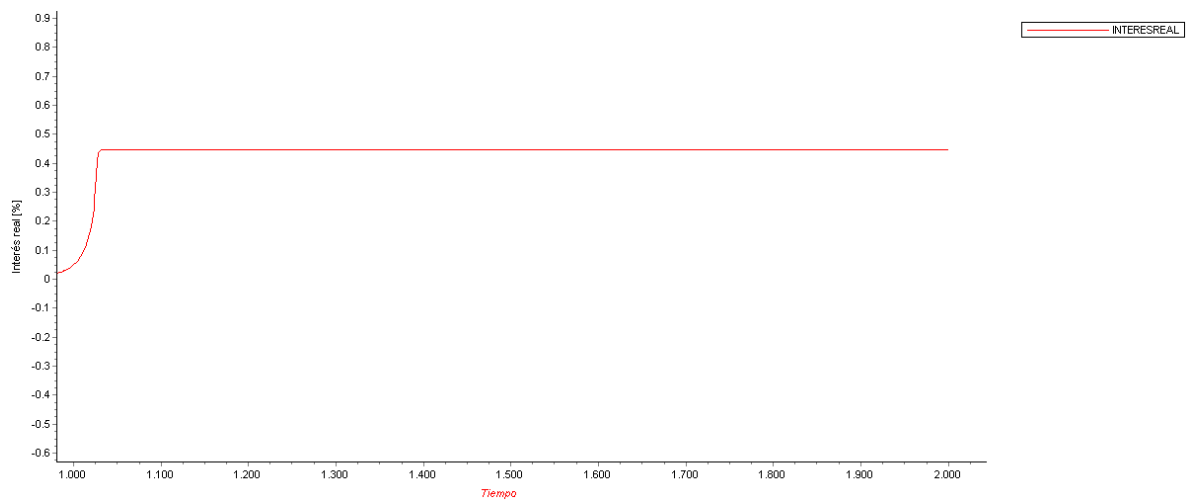
Parámetro	Valor
<b>Crecimiento poblacional</b>	100 %
<b>Desarrollo e investigación</b>	10 %
<b>Salario nominal inicial</b>	10.000
<b>Producción inicial (K = 2000, L= 2000, T=1)</b>	2.000
<b>Inventarios iniciales</b>	1'000.000
<b>Crecimiento dinero</b>	100%

Fuente: Autor

La Figura 45 muestra los resultados de la simulación de la tasa de interés real con los valores de la Tabla 5. Se observa que en estas condiciones la tasa de interés

real alcanza el equilibrio alrededor del año 1000, por lo que se concluye que las condiciones iniciales retrasa el tiempo en el que se alcanza el equilibrio, pero no afecta el comportamiento del modelo.

Figura 45. Interés real en condiciones extremas



Fuente: Autor

**4.4.6 Pruebas de errores de integración.** Los modelos de dinámica de sistemas son usualmente formulados en un tiempo continuo y resultados por integración numérica. Los resultados son sensibles al paso y método de integración, ya que hay un paso apropiado (mínimo), que es recomendable para el modelo (en ocasiones para el escenario) de tal forma que aunque se reduzca dicho paso, no se apreciará cambios en el comportamiento del modelo. Frente a tasa (pendientes) muy altas se requerirá un menor paso de tiempo (delta de tiempo o paso de integración).

Los resultados se entreguen de una simulación en particular no deben cambiar frente a disminuciones del paso de simulación. Se hace la prueba recortando el paso de tiempo a la mitad y corriendo el modelo de nuevo. Si los resultados cambian de forma que estos importen, entonces el paso de tiempo es muy grande. Se continúa hasta que los resultados no sean sensibles a la selección de paso de tiempo.



Para realizar esta prueba, se toma la tasa de interés real dado que esta variable equilibra el mercado de bienes y servicios. Por lo tanto, las estructuras de realimentación negativa presentes en el modelo sugieren que esta variable se estabiliza cuando la oferta y la demanda de bienes y servicios son iguales o tienden a serlo.

El modelo se corre manteniendo el trabajo y la tecnología constantes, el gobierno mantiene un presupuesto equilibrado y consumo de los hogares es el 90% de su renta disponible. El Banco Central mantiene una política de estabilidad de precios.

Tabla 6. Prueba de errores de integración

Paso integración	Comportamiento tasa de interés real
1	Decrece exponencialmente
0.5	Crece exponencialmente
0.25	Se estabiliza
0.1 <sup>9</sup>	Se estabiliza

Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados esbozados en la Tabla 6, el paso de integración recomendado para realizar las simulaciones es un paso menor o igual 0.25.

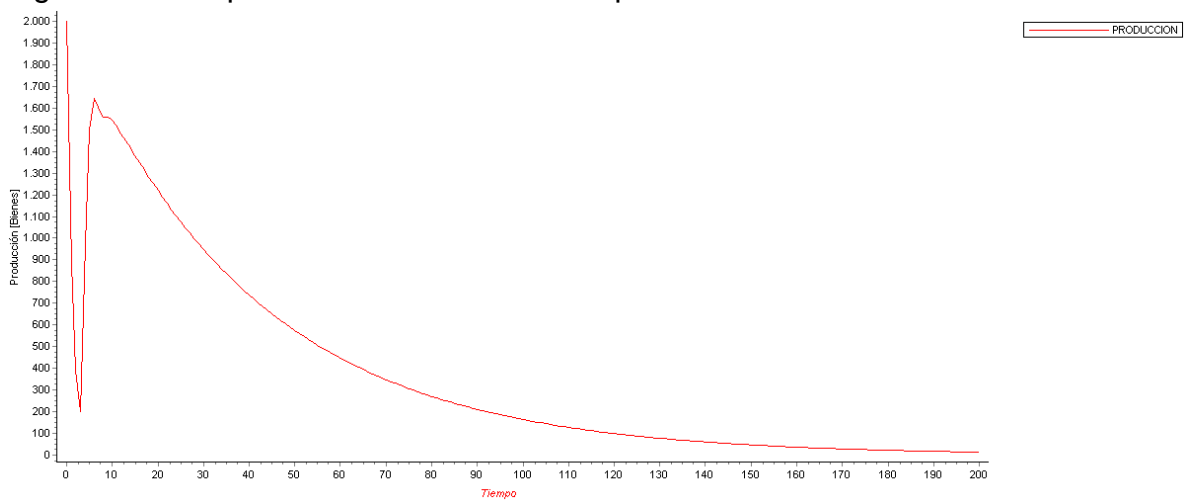
**4.4.7 Pruebas de reproducción de comportamiento.** El uso apropiado de las pruebas de reproducción de comportamiento es para descubrir fallas en la estructura o parámetros del modelo y evaluar si tienen una importancia relativa para el propósito. Debido a que el modelo construido en este proyecto es reflejar la 'realidad' descrita por los textos guía de la macroeconomía, en la cual están presenten condiciones ideales y supuestos alejados del mundo real. Por consiguiente, el comportamiento que debe reflejar el modelo, es el comportamiento cualitativo descrito en los libros. Esta prueba fue realizada al momento de comparar los resultados de las simulaciones con la teoría obtenida de los libros...Ver secciones 0, 4.2.7, 4.3.7...

<sup>9</sup> Este es el paso de integración usado para realizar las simulaciones presentadas la construcción del modelo (...Ver sección 4...)

**4.4.8 Pruebas de comportamientos anómalos.** Las limitaciones en los datos frecuentemente significan que no es posible establecer la significancia o fortaleza de importantes relaciones o formulaciones por métodos estadísticos. Las pruebas de comportamientos anómalos examinan la importancia de estas estructuras indagando si el comportamiento anómalo surge cuando una relación es erradicada o modificada. Los comportamientos anómalos generados por el borrado de una relación proveen evidencia de la importancia de dicha relación.

Para realizar esta prueba, se toma como indicador la variable 'producción' del prototipo 3, siendo ésta el indicador de bienestar de una economía. Se elimina el ciclo de realimentación negativo del mercado de dinero sobre la tasa de interés real, es decir, la tasa de interés real sólo es afectada por el mercado de fondos prestables y se procede a realizar la simulación.

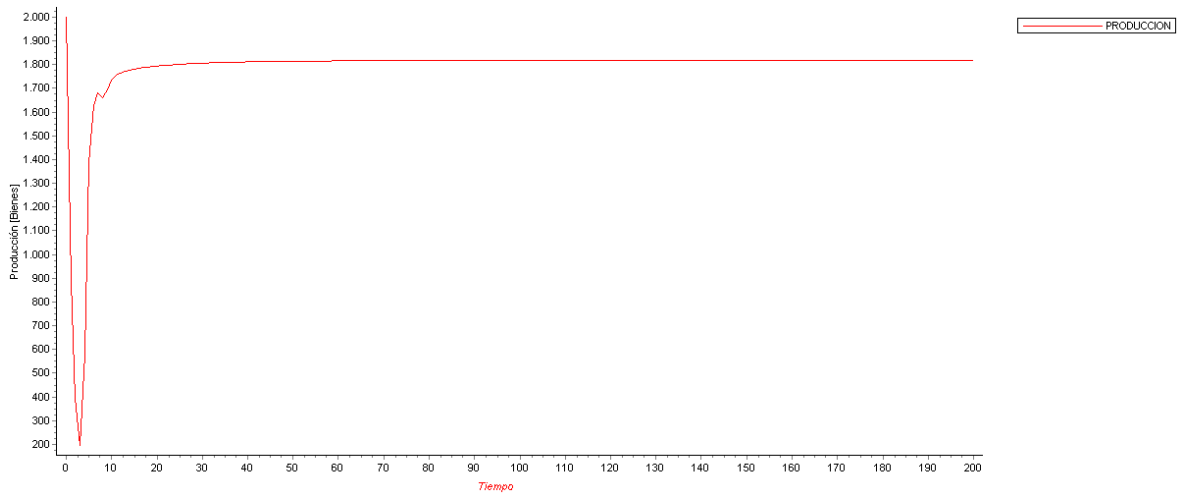
Figura 46. Comportamiento anómalo de la producción



Fuente: Autor

La Figura 46 muestra que eliminar el ciclo de realimentación negativa que ejerce el mercado de dinero sobre la tasa de interés conduce a un deterioro de la producción, cuando en realidad esta se debe estabilizar, como se observa en Figura 47.

Figura 47. Comportamiento de la producción en condiciones normales



Fuente: Autor

**4.4.9 Pruebas de miembro familiar.** Las pruebas de miembro familiar indagan si el modelo puede generar el comportamiento de otros casos del mismo tipo de sistemas para los cuales el modelo fue construido para imitar. Debido a que el modelo representa una 'realidad' que no tiene su contraparte en el mundo real sino en el mundo ideal de los economistas, no es posible definir escenarios concretos. Sin embargo, es posible definir escenarios con características especiales y simular variables del modelo, como realizó en la construcción y evaluación de los comportamientos del mismo...Ver secciones 0, 4.2.7, 4.3.7...

**4.4.10 Pruebas de comportamiento sorpresa.** Discrepancias entre el comportamiento del modelo y las expectativas indican que existen fallas en el modelo formal, el modelo mental, o ambos. Con frecuencia, por supuesto, las discrepancias entre los resultados del modelo y su comprensión de la dinámica del sistema indican defectos en el modelo formal.

Un ejemplo de este comportamiento es la simulación de la tasa de interés real ante diferentes tasas de crecimiento (... Ver sección 4.3.7.4 ...). Se esperaba que la tasa de interés real no variase ante el crecimiento de la oferta monetaria. Sin embargo, con base en la literatura se justifica este comportamiento, por lo que se infiere que existía una comprensión errónea del modelo.

El comportamiento sorpresa mencionado, es un caso excepcional en el modelo, debido a que los comportamientos de los demás elementos del sistema es coherente con la teoría expresada en los libros de macroeconomía.

**4.4.11 Análisis de sensibilidad.** Debido a que todos los modelos son incorrectos se debe probar la robustez de sus conclusiones hasta la ambigüedad de los supuestos asumidos. El análisis de sensibilidad indaga si las conclusiones cambian de forma importante para su propósito cuando los supuestos varían en un rango plausible de incertidumbre.

Esta prueba se enfoca en el análisis de sensibilidad por variación de parámetros que ofrece la herramienta Evolución 4.1, los cuales se realizaron durante la construcción y evaluación de los comportamientos generados por medio de simulaciones...Ver secciones 0, 4.2.7, 4.3.7...

**4.4.12 Pruebas de mejoramiento del sistema.** En última instancia la meta del modelado es resolver un problema. Las pruebas de mejoramiento del sistema indagan si el proceso de modelado ayudo a cambiar el sistema para bien. Esta evaluación se realiza más adelante y es uno de los objetivos de este proyecto...Ver sección 7 ...

## 5. INTERFAZ SOFTWARE – SIMONOMICS

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

“Simonomics” es una interfaz software desarrollada mediante el lenguaje de programación Delphi, que permite al usuario interactuar por medio de simuladores con tres prototipos hechos con Dinámica de Sistemas con base en el modelo económico clásico (hay un simulador para cada prototipo). Un prototipo representa la “oferta agregada”, el segundo la “demanda agregada” y tercero el “dinero y variación de precios”. El objetivo de la interfaz es facilitar el aprendizaje de los principios de la macroeconomía que ofrece el modelo económico clásico. Por consiguiente, la interfaz está diseñada principalmente para estudiantes que inician los cursos de macroeconomía básica.

La interfaz presenta al usuario la pantalla principal, en la cual éste selecciona el simulador con el que desea interactuar. Los simuladores están diseñados siguiendo una misma estructura. Sin embargo, de acuerdo a la naturaleza de cada prototipo, cada simulador posee características únicas que lo diferencian de los demás.

En cada simulador, se presentan en la parte superior de la ventana, las opciones para controlar la simulación del modelo. Las opciones son: “Simular”, “Pausar”, “Detener” y “Paso a paso”.

Adicionalmente, en la parte superior se encuentran dos opciones que permiten al usuario familiarizarse con las ayudas didácticas que ofrece la interfaz: los diagramas de influencias y las definiciones. Estas opciones se reconocen mediante que indican que hay diagrama de influencias y una definición. En este caso, el diagrama de influencias que aparece cuando se selecciona esta opción, es el diagrama del modelo como un todo. Mientras que la definición que aparece, es una explicación resumida del modelo y el objetivo para el cual se hizo.

Debajo de las opciones mencionadas anteriormente, se encuentra un control que permite determinar el tiempo de la simulación. El tiempo a seleccionar está restringido a un valor mínimo de 10 y a un máximo de 500, unidades de tiempo. El paso de integración es 0.1 unidades de tiempo y está predeterminado por la interfaz.

Luego del control del tiempo de simulación, aparece la información de las variables de cada modelo, organizada en pestañas donde cada una contiene una o dos gráficas y la información de las variables. El usuario tiene la posibilidad de

ver la descripción teórica de la variable y en algunos casos, mediante un diagrama de influencias, ver cómo se relaciona en el modelo.

En el simulador del modelo de la oferta agregada, la información se agrupa en las pestañas: “Trabajo”, “capital” y “producción”.

En el simulador del modelo de la demanda agregada, la información se agrupa en las pestañas: “mercado de fondos prestables” y “mercado de bienes y servicios”.

En el simulador modelo del dinero y la variación de precios, la información se agrupa en las pestañas: “nivel de precios”, “producción”, “demanda agregada” y “trabajo”.

Finalmente en la parte inferior, el usuario puede asignar valores a algunas variables del modelo. En cada simulador tiene la posibilidad de asignar los valores iniciales de los factores de producción: “empleados”, “capital” y “tecnología”. Por otra parte, en el modelo hay variables que no cambian sus valores durante la simulación, y éstos pueden ser determinados por el usuario pero restringidos por la interfaz a un rango numérico.

En el simulador del modelo de la oferta agregada, los parámetros que se pueden determinar son: “Interés”, “Precio”, “Crecimiento poblacional”, “Tasa depreciación” y “Desarrollo tecnología”.

En el simulador del modelo de la demanda agregada, los parámetros que se pueden determinar son: “Precio”, “Crecimiento poblacional”, “Desarrollo tecnología”, “Recaudación impuestos”, “Gasto fiscal” y “consumo hogares”.

En el simulador del modelo del dinero y variación de precios, los parámetros que se pueden determinar son: “Crecimiento poblacional”, “Desarrollo tecnología”, “Recaudación impuestos”, “Gasto fiscal” y “consumo hogares”. Adicionalmente el usuario puede escoger si desea que la política monetaria en la simulación sea automática o manual. Si es automática, el valor de la tasa de crecimiento se determina de acuerdo con las condiciones en el modelo, mientras que si elige manual, el usuario elige el valor de la tasa de crecimiento monetaria.

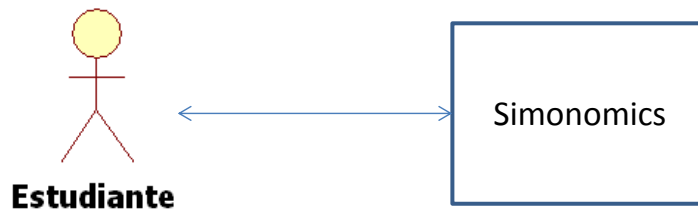
## **5.2 ACTORES**

Utilizando terminología orientada a objetos, se considera al actor como una clase de usuario, mientras que los usuarios se consideran como objetos o instancias de esa clase. Incluso, una misma persona puede aparecer como diferentes instancias

de diferentes actores. Los actores modelan cualquier entidad externa que necesite intercambiar información con el sistema. Los actores no están restringidos a ser personas físicas, pudiendo representar otros sistemas externos al actual. Lo esencial es que los actores representen entidades externas al sistema. Además, cada uno de estos actores podrá ejecutar una o más tareas del sistema. (Weitzenfeld, 2005).

La Figura 48 es la delimitación del sistema que representa los actores que interactúan con la interfaz software “Simonomics”.

Figura 48. Diagrama de contexto



Fuente: Autor

### 5.2.1 Especificación

Tabla 7. Actores

<b>Actor</b>	Estudiante
<b>Casos de uso</b>	Seleccionar tema, controlar simulación, determinar tiempo simulación, modificar parámetros, seleccionar pestaña, ver diagramas influencia, ver definiciones.
<b>Tipo</b>	Primario
<b>Descripción</b>	Es el actor principal del sistema y su razón de ser. Representa a cualquier persona que interactúa con el sistema, la cual tiene como propósito comprender los conceptos del modelo económico clásico.

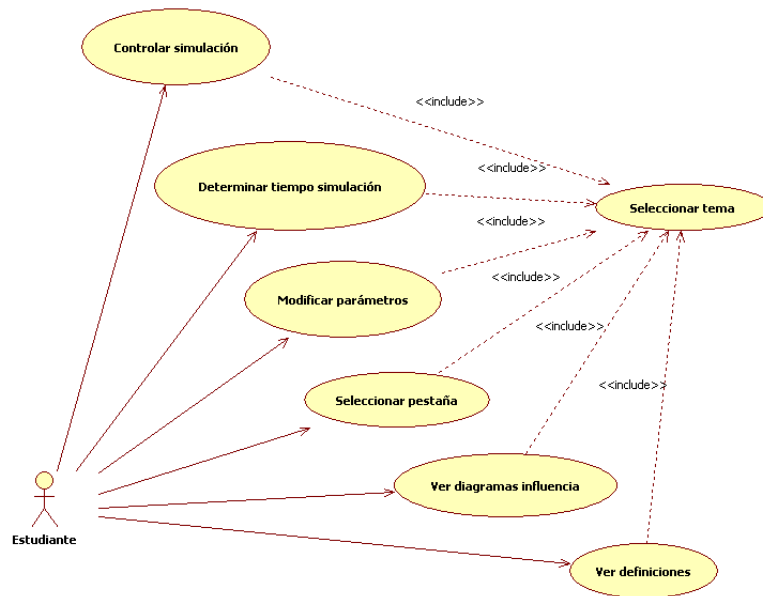
Fuente: Autor

### 5.3 CASOS DE USO

Después de haber definido los actores del sistema, se define la funcionalidad propia del sistema por medio de los casos de uso. Utilizando terminología orientada a objetos, cada caso de uso define una clase o forma particular de usar el sistema mientras que cada ejecución del caso de uso se puede ver como una instancia del caso de uso, o sea, un objeto, con estado y comportamiento. Cada caso de uso constituye un flujo completo de eventos especificando la interacción que toma lugar entre el actor y el sistema. El actor primario es encargado de dar inicio a esta interacción, mientras que los casos de uso son instanciados como respuesta al evento anterior. Una instancia de un actor puede ejecutar varias de estas secuencias, consistiendo de diferentes acciones que a su vez deben llevarse a cabo. La instancia del caso de uso existe mientras el caso de uso siga ejecutando. La ejecución del caso de uso termina cuando el actor genere un evento que requiera un caso de uso nuevo (Weitzenfeld, 2005).

La Figura 49 es el diagrama de casos de uso de la interfaz software “Simonomics” hecho por medio del software StarUML.

Figura 49. Diagrama de casos de uso



Fuente: Autor



### 5.3.1 Especificación

Tabla 8. Seleccionar tema

<b>Caso de uso</b>	<i>Seleccionar tema</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Inclusión</i>
<b>Propósito</b>	Dar la posibilidad al usuario de escoger los conceptos que desee aprender.
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . Tiene opciones para acceder a uno de los tres simuladores que corresponden a cada uno de los prototipos del modelo económico clásico: <i>oferta agregada</i> , <i>demanda agregada</i> y <i>dinero y variación de precios</i> .
<b>Precondiciones</b>	Ninguna.
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario la Pantalla principal (P-1). El usuario puede seleccionar los siguientes temas: “Oferta agregada”, “demanda agregada” y “dinero y variación de precios”. Dependiendo de lo que elija el usuario se continúa con los diversos sub-flujos.
<b>Sub-flujos</b>	<p>S-1 <i>Oferta agregada</i>. Si el usuario selecciona la opción “Oferta agregada”, se presenta la Pantalla Oferta Agregada (P-2) en la cual el usuario puede interactuar con un modelo construido con DS que recrea la producción de bienes y servicios. Esta interacción se realiza por medio de simulaciones del modelo, en las condiciones que el usuario determine.</p> <p>S-2 <i>Demanda agregada</i>. Si el usuario selecciona la opción “Demanda agregada”, se presenta la Pantalla Demanda Agregada (P-3) en la cual el usuario puede interactuar con un modelo construido con DS que recrea la producción y demanda de bienes y servicios. Esta interacción se realiza por medio de simulaciones del modelo, en las condiciones que el usuario determine.</p> <p>S-3 <i>Dinero y variación de precios</i>. Si el usuario selecciona la opción “Dinero y variación de precios”, se presenta la Pantalla Dinero y variación de precios (P-4) en la cual el usuario puede interactuar con un modelo construido con DS que recrea la integración del dinero con la producción y demanda de bienes y servicios. Esta interacción se realiza por medio de simulaciones del modelo, en las condiciones que el usuario determine.</p>
<b>Excepciones</b>	Ninguna.
<b>Poscondiciones</b>	Al usuario se le presenta el simulador que corresponde al tema que seleccionó.

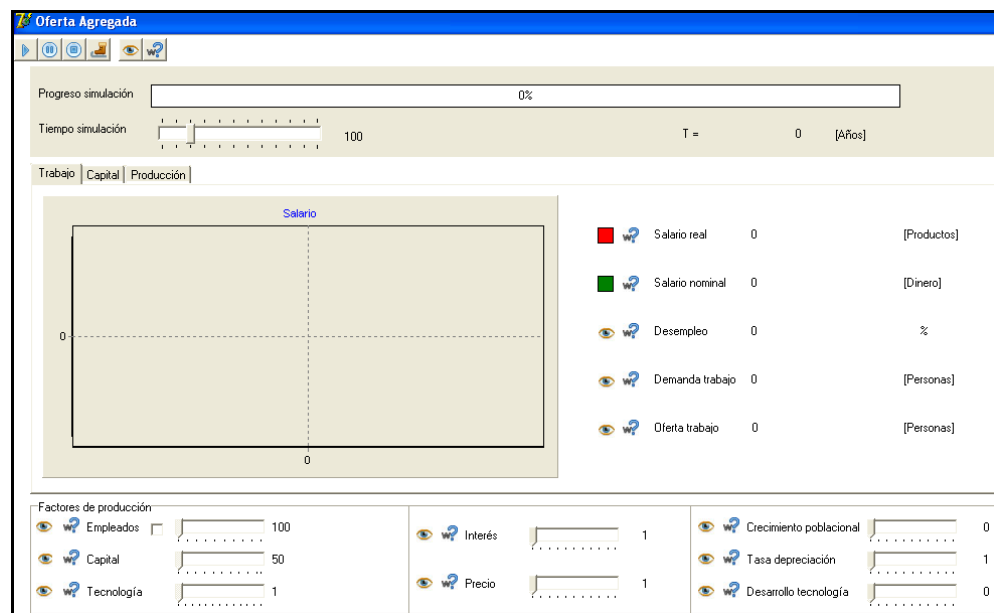
Fuente: Autor

Figura 50. P-1



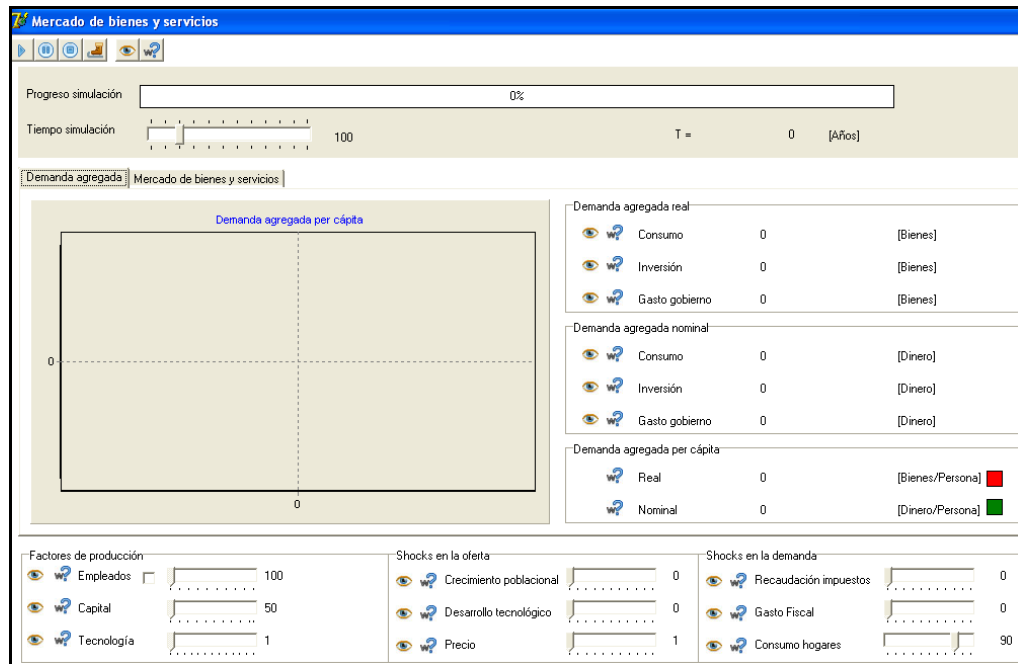
Fuente: Autor

Figura 51. P-2



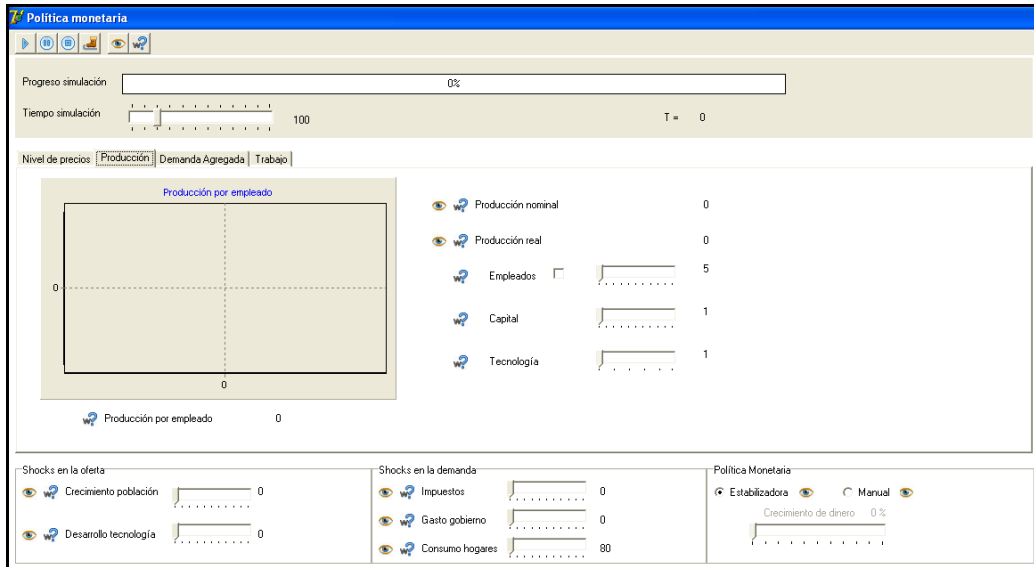
Fuente: Autor

Figura 52. P-3



Fuente: Autor

Figura 53. P-4



Fuente: Autor

Tabla 9. Controlar simulación

<b>Caso de uso</b>	<i>Controlar simulación</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Generalización</i>
<b>Propósito</b>	Dar la posibilidad al usuario de controlar la simulación de los modelos construidos con DS.
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . El usuario dispone de opciones para iniciar, pausar y detener la simulación de los modelos.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere haber ejecutado el caso de uso <i>Seleccionar tema</i> .
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario una de las pantallas que corresponde a uno de los simuladores (P-2, P-3 o P-4). En cada pantalla se dispone de las opciones "Simular", "Pausar", "Detener" y "Paso a paso". Dependiendo de lo que elija el usuario se continúa con los diversos sub-flujos.
<b>Sub-flujos</b>	<p>S-1 <i>Simular</i>. Si el usuario selecciona la opción "Simular", el sistema actualiza las variables del modelo hasta el tiempo de simulación final que ha sido determinado en la interfaz. Los valores de las variables son mostrados por la interfaz. Durante la simulación el usuario puede seleccionar las opciones "Pausar" y "Detener". Si selecciona "Pausar" se continúa con el sub-flujo S-3. Si selecciona "Detener" se continúa con el sub-flujo S-4.</p> <p>S-2 <i>Paso a paso</i>. Si el usuario selecciona la opción "Paso a paso", el sistema realiza el cálculo de los valores de las variables del modelo para un solo tiempo de simulación y aumenta el tiempo de simulación en la unidad de tiempo que esté simulando el modelo. Los valores de las variables son mostrados por la interfaz.</p> <p>S-3 <i>Pausar</i>. Si el usuario selecciona la opción "Pausar" durante la simulación, los valores de las variables calculados son mostrados por la interfaz en el tiempo de simulación que se seleccionó la opción. El usuario tiene la posibilidad de continuar con la simulación. Si escoge esta opción se ejecuta el sub-flujo S-1.</p> <p>S-4 <i>Detener</i>. Si el usuario selecciona la opción "detener" durante la simulación, el sistema interrumpe el cálculo de los valores de las variables del modelo.</p>
<b>Excepciones</b>	Ninguna.
<b>Poscondiciones</b>	Al usuario se le presentan los valores de las variables del modelo calculados por el sistema por medio de gráficas y valores estáticos.

Fuente: Autor

Tabla 10. Modificar parámetros

<b>Caso de uso</b>	<i>Modificar parámetros</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Generalización</i>
<b>Propósito</b>	Permitir al usuario asignar valores a algunas variables de los modelos construidos con DS.
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . El usuario dispone de elementos en la interfaz que le dan la posibilidad de asignar valores de algunas variables del modelo.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere haber ejecutado el caso de uso <i>Seleccionar tema</i> .
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario una de las pantallas que corresponde a uno de los simuladores (P-2, P-3 o P-4). En cada pantalla el usuario tiene la posibilidad de asignar valores numéricos a variables del modelo. Dependiendo de lo que elija el usuario se continúa con los diversos sub-flujos.
<b>Sub-flujos</b>	S-1 <i>Factores iniciales</i> . El usuario asigna valores iniciales a cada uno de los factores de producción (empleados, capital y tecnología).  S-2 <i>Parámetros</i> . El usuario asigna valores a variables que no cambian durante la simulación del modelo.
<b>Excepciones</b>	E-1 <i>Límites</i> . El usuario está restringido a un rango numérico al momento de asignar valores a las variables de los modelos.
<b>Poscondiciones</b>	Los valores elegidos por el usuario son asignados en el modelo construido con DS correspondiente.

Fuente: Autor

Tabla 11. Determinar tiempo simulación

<b>Caso de uso</b>	<i>Determinar tiempo simulación</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Generalización</i>
<b>Propósito</b>	Permitir al usuario escoger el tiempo que dura cada simulación de los modelos construidos con DS.
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . El usuario dispone de un elemento que le permite determinar el tiempo que dura cada simulación.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere haber ejecutado el caso de uso <i>Seleccionar tema</i> .
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario una de las pantallas que corresponde a uno de los simuladores (P-2, P-3 o P-4). En cada pantalla el usuario tiene la posibilidad de escoger el tiempo de simulación del modelo.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno.
<b>Excepciones</b>	E-1 <i>Límites</i> . El usuario está restringido a un rango numérico al momento de determinar el tiempo de simulación.
<b>Poscondiciones</b>	El tiempo de simulación se determina de acuerdo a la selección del usuario.

Fuente: Autor

Tabla 12. Seleccionar pestaña

<b>Caso de uso</b>	<i>Seleccionar pestaña</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Generalización</i>
<b>Propósito</b>	Facilitar al usuario la comprensión del comportamiento de los elementos de los modelos hechos con DS.
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . La información de las variables del modelo se agrupa en pestañas. Cada pestaña contiene datos de elementos directamente relacionados.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere haber ejecutado el caso de uso <i>Seleccionar tema</i> .
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario una de las pantallas que corresponde a uno de los simuladores (P-2, P-3 o P-4). En cada pantalla hay un grupo de pestañas, donde cada una contiene una o dos gráficas junto con datos estáticos que brindan información acerca de las variables del modelo. El usuario selecciona la pestaña de la cual desea obtener información.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno.
<b>Excepciones</b>	Ninguna.
<b>Poscondiciones</b>	La pestaña contiene una o dos gráficas y datos de las variables de los modelos.

Fuente: Autor

Tabla 13. Ver diagrama influencias

<b>Caso de uso</b>	<i>Ver diagrama influencias</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Generalización</i>
<b>Propósito</b>	Relacionar al estudiante con las herramientas que provee la DS con el fin de facilitar el aprendizaje de los conceptos macroeconómicos.
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . Las variables del modelo que presentan en la interfaz se pueden explicar en términos de un diagrama de influencias, el cual puede ser visto por el usuario.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere haber ejecutado el caso de uso <i>Seleccionar tema</i> .
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario una de las pantallas que corresponde a uno de los simuladores (P-2, P-3 o P-4). Las variables del modelo mostradas por la interfaz poseen un símbolo que indican que hay un diagrama de influencias el cual puede ser accedido. El usuario selecciona este símbolo y el diagrama aparece.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno.
<b>Excepciones</b>	Ninguna.
<b>Poscondiciones</b>	El usuario puede ver el diagrama de influencias que seleccionó.

Fuente: Autor

Tabla 14. Ver definiciones

<b>Caso de uso</b>	<i>Ver definiciones</i>
<b>Actores</b>	<i>Estudiante</i>
<b>Tipo</b>	<i>Generalización</i>
<b>Propósito</b>	Facilitar al usuario la comprensión de las variables del modelo que aparecen en la interfaz
<b>Descripción</b>	Este caso de uso es iniciado por el <i>estudiante</i> . Las variables del modelo se definen de acuerdo con la teoría que presentan los libros de economía.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere haber ejecutado el caso de uso <i>Seleccionar tema</i> .
<b>Flujo principal</b>	Se presenta al usuario una de las pantallas que corresponde a uno de los simuladores (P-2, P-3 o P-4). Las variables del modelo mostradas por la interfaz poseen un símbolo que indican que hay una definición, la cual puede ser accedida. El usuario selecciona este símbolo y la definición aparece.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno.
<b>Excepciones</b>	Ninguna.
<b>Poscondiciones</b>	El usuario puede ver la definición que seleccionó.

Fuente: Autor

## 6. PROPUESTA DE APLICACIÓN

Terminada la construcción del modelo (en el sentido que cumple los objetivos propuestos), surge la inquietud de cómo éste puede ser usado de la mejor manera, con el fin de que los estudiantes puedan comprender los conceptos de la macroeconomía. No obstante, al buscar una solución ideal, se presentan limitaciones de tiempo, espacio, recursos, entre otros, por lo que no existe sólo una única manera de aprender macroeconomía usando las herramientas que provee la Dinámica de Sistemas. Por lo tanto, se proponen los siguientes ambientes de aprendizaje como alternativas para aprender macroeconomía, con base en las herramientas que se desarrollaron en el presente proyecto y junto con el soporte de un profesor que facilite el proceso de aprendizaje.

### **6.1 PRIMERA ALTERNATIVA: ENSEÑAR MACROECONOMÍA MEDIANTE LA AYUDA DE UNA INTERFAZ GRÁFICA (SIMULADOR)**

En esta alternativa se sugiere que el profesor oriente la clase de principios de macroeconomía mediante el uso de los textos guía, complementando las explicaciones mediante la ayuda de una interfaz gráfica, en la cual los estudiantes realizan simulaciones de las variables que por defecto están disponibles para ser simuladas.

Además, el estudiante tiene la posibilidad de cambiar el valor de algunos parámetros determinados por la interfaz con el fin de evaluar sus modelos mentales. La enseñanza de los conceptos se puede realizar en tres clases de acuerdo con los tres prototipos construidos y la interfaz gráfica que corresponde a cada uno de ellos.

Con esta alternativa, los estudiantes adquieren una visión general de la macroeconomía en donde pueden dar razón del por qué de los comportamientos que exhibe la economía, con base en los diagramas de influencias que proporciona la Dinámica de Sistemas. Sin embargo, la argumentación de las respuestas podría ser limitada debido a las limitaciones de tiempo.

Esta alternativa se recomienda cuando:

- La disponibilidad de tiempo es limitada, como lo puede ser un diplomado o una especialización, los cuales generalmente se dictan los fines de semana.



- El objetivo de la enseñanza es proporcionar una visión general de la macroeconomía.
- El profesor posee sólidos conocimientos en macroeconomía, pero sus conocimientos en modelado con Dinámica de Sistemas son limitados.
- El grupo no cuenta con una base matemática.

Los recursos necesarios para esta alternativa son:

- Disponibilidad de al menos 6 horas de clase en la cual cada estudiante tiene acceso a un computador donde puede ejecutar la interfaz gráfica.
- Un profesor con conocimientos generales en macroeconomía y en Dinámica de Sistemas. Además del conocimiento del manejo de la interfaz software.

## **6.2 SEGUNDA ALTERNATIVA: ENSEÑAR MACROECONOMÍA MEDIANTE LA AYUDA DE UN MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS Y UN SIMULADOR**

Esta alternativa sugiere que el profesor oriente la clase de los principios de la macroeconomía, basándose en los textos guía y un modelo de Dinámica de Sistemas que complemente las explicaciones.

Como en la primera alternativa, los estudiantes interactúan con una interfaz gráfica en la cual éstos realizan simulaciones de las variables que por defecto están disponibles para ser simuladas. Además, el estudiante tiene la posibilidad de cambiar el valor de algunos parámetros determinados por la interfaz con el fin de evaluar sus modelos mentales.

La enseñanza que sugiere esta alternativa es de un aproximado de cuatro semanas, en la cual los estudiantes adquieren una visión general de la macroeconomía con un énfasis en los procesos dinámicos que suceden en ella. El estudiante puede argumentar la razón de los comportamientos que suceden en la economía con base en los diagramas de influencias y los diagramas flujo-nivel que proporciona la Dinámica de Sistemas. Sin embargo, la argumentación de las respuestas podría ser limitada debido a las limitaciones de tiempo.

Esta alternativa se recomienda cuando:

- La disponibilidad de tiempo es limitada pero los estudiantes asisten varias veces en la semana a la clase como una clase de introducción a la economía en la cual puede incluir el tema macroeconómico.
- El profesor posee sólidos conocimientos en macroeconomía, pero sus conocimientos en modelado con Dinámica de Sistemas son limitados.
- El grupo no cuenta con una base matemática.

Los recursos necesarios para esta alternativa son:

- Disponibilidad de 16 horas de clase, en la cual cada estudiante tiene acceso a un computador donde puede ejecutar la interfaz gráfica.
- Un profesor con conocimientos en macroeconomía con bases en Dinámica de Sistemas.
- Un modelo macroeconómico construido con Dinámica de Sistemas.

### **6.3 TERCERA ALTERNATIVA: ENSEÑAR MACROECONOMÍA Y DINÁMICA DE SISTEMAS**

Esta alternativa se dirige principalmente a estudiantes de economía, con el fin de complementar su educación tradicional con una nueva perspectiva de los principios de la macroeconomía desde un punto de vista dinámico-sistémico.

El profesor enseña los conceptos de Dinámica de Sistemas y de la macroeconomía usando como guía un modelo macroeconómico hecho con Dinámica de Sistemas y el soporte de la teoría que proporcionan los textos tradicionales de la macroeconomía.

En el transcurso de la enseñanza, los estudiantes replican el modelo guía haciendo uso de un software específicamente diseñado para modelar con Dinámica de Sistemas. En este software los estudiantes pueden manipular el modelo y evaluar sus modelos mentales mediante simulaciones computacionales.

Con esta alternativa, los estudiantes adquieren un conocimiento en el cual integran los conceptos de la macroeconomía bajo el marco de un modelo dinámico-sistémico, argumentan desde un punto de vista dinámico los

comportamientos de la macroeconomía y entienden las limitaciones a las que se ve expuesto la teoría al momento de compararse con la realidad. Por otra parte, el estudiante se familiariza con la Dinámica de Sistemas, por lo cual estaría en capacidad de aplicarla en otros dominios de la economía, más allá del ámbito macroeconómico.

Esta alternativa se recomienda cuando:

- No hay limitación en la disponibilidad de tiempo. Esta alternativa se recomienda como un curso electivo semestral para estudiantes de economía.
- El profesor posee sólidos conocimientos en macroeconomía y en modelado con Dinámica de Sistemas.
- El grupo posee una base matemática.

Los recursos necesarios para esta alternativa son:

- Disponibilidad de un semestre académico, en la cual cada estudiante tiene acceso a un computador con un software específico para modelar con Dinámica de Sistemas.
- Un profesor con conocimientos sólidos en macroeconomía y Dinámica de Sistemas.
- Un modelo macroeconómico construido con Dinámica de Sistemas.

#### **6.4 CUARTA ALTERNATIVA: RECONSTRUIR LA MACROECONOMÍA DESDE UNA NUEVA PERSPECTIVA**

De acuerdo con lo trabajado en el presente proyecto se llega a esta alternativa, como la alternativa recomendada por este proyecto, en la cual el estudiante forma sus conocimientos de la macroeconomía de una forma “profunda” mediante con la construcción y reconstrucción de sus modelos mentales asociados, los cuales puede integrar, contextualizar y analizar desde una perspectiva dinámico-sistémica, y ajustarlos a lo que quiere expresar la teoría, pero siendo consciente de las limitaciones que ésta posee. Por lo tanto, la macroeconomía ya no es más una receta, sino por el contrario es un marco teórico que puede orientar a quien

diseña políticas públicas debido a que investiga o interpreta situaciones complejas del orden macroeconómico.

En consecuencia, esta alternativa sugiere que los estudiantes guiados por un profesor vivan el proceso de modelado a partir de la teoría descrita por los textos guía de la macroeconomía, sin hacer uso de un modelo dinámico-sistémico ya construido, como el que se presenta en este proyecto.

Viviendo el proceso de modelar la teoría macroeconómica clásica, el estudiante modifica sus modelos mentales y los enriquece a medida que realiza el modelado, además de estimular el proceso de pensar al intentar recrear lo que está escrito en los libros. Estos modelos mentales formalizados por medio de las herramientas que proporciona la Dinámica de Sistemas, pueden ser socializados con los demás estudiantes con el fin de obtener un modelo que recoja las ideas de diferentes puntos de vista y pueda ser construido en un software específico de modelado con Dinámica de Sistemas y así, por medio de simulaciones computacionales, poder evaluar los comportamientos del modelo en diferentes escenarios. Si bien el modelo construido en este proyecto puede ser usado como referencia, éste es susceptible a mejoras y no constituye un elemento rígido que deba ser replicado.

Esta alternativa se recomienda cuando:

- No hay limitación en la disponibilidad de tiempo. Esta alternativa se recomienda como un curso de macroeconomía clásica con un curso de introducción a la dinámica de sistemas previamente desarrollado.
- El profesor posee sólidos conocimientos en macroeconomía y en modelado con Dinámica de Sistemas.
- El grupo posee una base matemática.

Los recursos necesarios para esta alternativa son:

- Disponibilidad de dos semestres académicos para un curso de Dinámica de Sistemas y otro de macroeconomía clásica, en los cuales cada estudiante tiene acceso a un computador con un software específico para modelar con Dinámica de Sistemas.
- Un profesor con conocimientos sólidos en macroeconomía y Dinámica de Sistemas.

## **7. EXPERIENCIA DE APLICACIÓN – DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA**

Terminado el proceso formal de modelado y el desarrollo software, se procede a evaluar los productos obtenidos en el desarrollo de este trabajo, tomando una de las alternativas propuestas para aprender macroeconomía a los estudiantes. Debido a la limitación del tiempo, se escoge la alternativa número uno (Ver sección 6.1), en la cual los estudiantes construyen y/o reconstruyen una serie de nociones de macroeconomía con la ayuda de un simulador.

Con la colaboración del profesor Oscar Manrique de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, se seleccionan 17 estudiantes de primer año de Economía con el propósito de evaluar la mejora de sus conocimientos después de usar las herramientas de la Dinámica de Sistemas. Estos estudiantes poseen conocimientos de fundamentos en economía pero aún no han tomado cursos de macroeconomía. El objetivo de la prueba es evaluar la ganancia en aprendizaje en términos de respuestas acertadas y argumentación de las respuestas en un periodo corto de tiempo (dos horas). Para esta prueba se escoge el capítulo de Producción de bienes y servicios y su respectiva interfaz.

La prueba se conforma de la siguiente manera:

1. Se elaboran cuatro preguntas de respuesta abierta relacionadas con la producción de bienes y servicios (Ver anexo D).
2. Los estudiantes responden a estas cuatro preguntas con el propósito de establecer un punto de partida (Parte A).
3. Se desarrolla una clase acerca de la producción de bienes y servicios, soportada por los textos guía de la macroeconomía y la interfaz (simulador) en la cual los estudiantes tienen acceso a diagramas de influencia y la manipulación de ciertas variables del modelo de Dinámica de Sistemas que corre en el simulador.
4. Los estudiantes después de recibir la clase, responden nuevamente las cuatro preguntas que se les presentaron al principio de la prueba (Parte B).

La respuesta esperada para cada pregunta es una respuesta concreta<sup>10</sup>. Por consiguiente, éstos serán los indicadores que se usarán para evaluar el progreso en el aprendizaje. A continuación se resumen los resultados obtenidos:

- La primera pregunta aborda la influencia del nivel de precios dos variables importantes desde el punto de vista económico: los salarios reales y la producción. El objetivo de esta pregunta es cuestionar a los estudiantes acerca de la importancia del nivel de precios en una economía y si éste beneficia o perjudica a los agentes económicos, bajo el marco de la macroeconomía clásica. Estos fueron los resultados obtenidos:

Tabla 15. Resultados de la primera pregunta

	<b>Respuestas correctas</b>
<b>Parte A</b>	0%
<b>Parte B</b>	53%

Fuente: Autor

- La segunda pregunta aborda una de las conclusiones del modelo económico clásico que es frecuentemente criticada, la cual expresa que el desempleo no existe. El objetivo de esta pregunta es cuestionar a los estudiantes acerca de la responsabilidad del Banco Central desde el punto de vista del modelo económico clásico.

Tabla 16. Resultados de la segunda pregunta

	<b>Respuestas correctas</b>
<b>Parte A</b>	18%
<b>Parte B</b>	53%

Fuente: Autor

---

<sup>10</sup> Por motivos de realizar una evaluación cuantitativa se espera una respuesta concreta. Sin embargo, cada pregunta pide argumentación. Ya que las evaluaciones de las argumentaciones puede estar sesgadas por el evaluador, éstas se usarán con el fin de obtener conclusiones.

- La tercera pregunta aborda el modelo de crecimiento de Robert Solow. El objetivo de esta pregunta es cuestionar a los estudiantes sobre las políticas que debe promover el gobierno.

Tabla 17. Resultados de la tercera pregunta

	<b>Respuestas correctas</b>
<b>Parte A</b>	12%
<b>Parte B</b>	65%

Fuente: Autor

- La cuarta pregunta aborda el crecimiento poblacional de un país. El objetivo de esta pregunta es cuestionar a los estudiantes acerca de las políticas sobre las tasas de natalidad.

Tabla 18. Resultados de la cuarta pregunta

	<b>Respuestas correctas</b>
<b>Parte A</b>	12%
<b>Parte B</b>	29%

Fuente: Autor

Por otro lado, haciendo la revisión de la argumentación de las respuestas escritas por los estudiantes, como se esperaba, si bien presentan dificultades al dar razón de su respuesta debido a la corta duración de la explicación, la mejora en términos de respuestas correctas es evidente, lo que sugiere que la Dinámica de Sistemas mejora el proceso de aprendizaje de la macroeconomía. Por lo tanto, se deben explorar nuevas pruebas con mayor cobertura y recursos, que permitan confirmar los hallazgos realizados.

## 8. DIVULGACIÓN

A partir del trabajo realizado, se elaboró un artículo titulado 'Mejorando los procesos de aprendizaje de los principios macroeconómicos usando el modelo económico clásico como herramienta pedagógica', donde una primera versión se presentó en el IX encuentro colombiano de Dinámica de Sistemas en Bogotá (Colombia), y posteriormente una versión mejorada (Andrade, y otros, 2011) fue presentada en el marco del IX Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas en la ciudad de Brasilia (Brasil) los días 16, 17 y 18 de noviembre de 2.011.

En este artículo se presenta el proceso de construcción del modelo macroeconómico hecho con Dinámica de Sistemas (DS), basado en el modelo clásico económico descrito en los libros introductorios a la macroeconomía.

Se enfatiza que al hacer uso de las herramientas que proporciona la DS, se integran los conceptos que subyacen en el modelo clásico, haciendo explícita la compleja red de interacciones inherentes a los sistemas sociales, y las condiciones en las cuales opera. De esta manera el modelo clásico es contextualizado, reconociendo las limitaciones y restricciones a las que está sujeto. A partir de este reconocimiento, el proceso de aprendizaje es mejorado, debido a que el estudiante, además de comprender los principios macroeconómicos, puede determinar los casos en que el modelo clásico es pertinente, es decir, distinguir entre la realidad y la teoría.



## 9. CONCLUSIONES

Al terminar el desarrollo del presente proyecto, con el cumplimiento de los objetivos propuestos, es posible formular conclusiones de los diferentes aspectos abordados. Además, con el propósito de destacar los resultados, se presentan las conclusiones de acuerdo con los entregables de los objetivos planteados.

Con respecto a la representación del modelo económico clásico en un modelo Dinámico-Sistémico se concluye lo siguiente:

- Realizada la revisión de la teoría del modelo económico clásico que proporcionan los textos de macroeconomía, a pesar de los supuestos simplificadores que se asumen, el modelo económico clásico continúa siendo complejo debido a que no presenta un marco que integre sus conceptos. En contraste, se acude al pensamiento analítico-reduccionista, en donde el todo se divide en pequeñas partes y de allí se realizan las explicaciones del fenómeno, lo que conlleva a descripciones limitadas. Por otro lado, un supuesto que se asume es que la macroeconomía siempre está en equilibrio, omitiendo la descripción de cómo se llega a dicho equilibrio, y por ende, no se comprende correctamente la teoría ni la diversidad de escenarios en los cuales se puede considerar. Por tal razón, es necesario complementar la educación tradicional con nuevas herramientas, las cuales pueden ser proporcionadas por la Dinámica de Sistemas.
- La vivencia del proceso de modelado usando la Dinámica de Sistemas del modelo económico clásico, mejora el proceso de aprendizaje de los principios macroeconómicos de la siguiente manera:
  - Se crea un marco en donde se integran los elementos del modelo económico clásico. Esto se logra por medio de diagramas de influencias y diagramas de flujo-nivel. A partir de estas herramientas, es posible realizar explicaciones puntuales del fenómeno, siempre teniendo en cuenta la estructura dinámica del todo, lo que brinda la posibilidad de ampliar la argumentación de los comportamientos que exhibe la macroeconomía, con base en la estructura dinámica de la misma.
  - Se facilita la comprensión de los procesos dinámicos que suceden en la macroeconomía de acuerdo con el modelo económico clásico, por medio del enfoque en los ciclos de realimentación, presentes en la estructura

dinámica de la macroeconomía, representada gráficamente por los diagramas de influencias. A partir de estos diagramas, se complementa la explicación que hacen los textos de macroeconomía (limitada por las gráficas tradicionales de oferta y demanda), por medio de la analogía lógica con estructuras de sistemas que son cotidianos a las personas (Ej.: un sistema de aire acondicionado posee la misma estructura que el mercado de trabajo).

- Se contextualiza el modelo económico clásico, es decir, se distingue la teoría de la realidad, al hacer explícitos los elementos que lo componen y las relaciones que hay entre ellos. De tal manera que quien diseña políticas económicas está en la capacidad de determinar las limitaciones a las que está sujeto el modelo y las instancias en las cuales es válido, por lo que el modelo económico clásico pasa de ser una receta a ser un posible marco conceptual para interpretar la complejidad de los fenómenos económicos.
- En el modelo económico clásico, representado en un modelo dinámico-sistémico, se observa que el comportamiento autorregulador que exhibe la economía de libre mercado descrito en los textos de macroeconomía, llamado en ocasiones 'la mano invisible', en términos de Dinámica de Sistemas, se explica por medio de las estructuras de realimentación negativa presentes en la estructura del modelo, el cual se confirma con las simulaciones realizadas al modelo dinámico-sistémico construido. Así la mano es 'visible' en términos de la estructura dinámico-sistémica.
- A diferencia del tratamiento de la inclusión del dinero en la macroeconomía, que presentan los textos de macroeconomía a través de la identidad de la teoría cuantitativa del dinero, la inclusión de éste en el modelo dinámico-sistémico, lo hace complejo debido a la cantidad de relaciones y ciclos de realimentación que emergen, por lo que se dificulta la comprensión de la estructura del sistema. Por otra parte, al existir dinero en la economía, existe la variación de precios, la cual distorsiona la comprensión de los conceptos, al presentarse la distinción entre variables nominales y variables reales.
- La política monetaria enfocada a la estabilidad de precios y el crecimiento económico, es el resultado de integrar la oferta agregada, la demanda agregada, el dinero y la variación de precios bajo el marco del modelo

económico clásico, tal y como se mostró a lo largo de la construcción del modelo dinámico-sistémico.

Con respecto a la integración del modelo dinámico-sistémico en una interfaz software, se concluye lo siguiente:

- Se reduce la complejidad de la interacción de los usuarios con el modelo, en donde se posibilita la orientación de los mismos hacia los aspectos que le interesan al profesor que está enseñando.
- El modelo evolucionario junto con la especificación de requisitos por medio de casos de uso es consistente con el modelado por prototipos, debido a que medida que se construye el prototipo dinámico-sistémico, también se desarrolla la interfaz software para el mismo. De manera que el trabajo en ambos productos es simultáneo, y por ende, el refinamiento, es decir, la corrección de fallas es aplicada a ambos.

Finalmente, con respecto a la propuesta y experiencia de aplicación se concluye que:

- No hay una respuesta única de cómo se deben aprender los principios de la macroeconomía usando las herramientas que proporciona la Dinámica de Sistemas. Por el contrario, existe una gama amplia de posibilidades de acuerdo con los objetivos y las restricciones a las que están sujetos quienes aprenden macroeconomía.
- De acuerdo con la experiencia de aplicación efectuada, se observa que los estudiantes comprenden con mayor facilidad los conceptos teóricos cuando estos interactúan con una interfaz software de simulación que contiene gráficas, debido al comportamiento cualitativo que se puede observar en ellas. Además el uso de un tablero de control del simulador capta la atención del estudiante, lo cual es importante dado que en el proceso de aprendizaje es fundamental la disposición del aprendiz a aprender. Sin embargo, cabe mencionar que el uso de la interfaz software requiere la explicación de un tutor con el fin de aclarar los conceptos que fundamental el modelo que se ejecuta mediante la interfaz.

## 10. RECOMENDACIONES

- Si bien el modelo dinámico-sistémico construido, es un modelo construido con base en los conceptos del modelo económico clásico, este es un modelo que se puede enriquecer profundizando en los supuestos asumidos y acercar el modelo a la realidad. Para lograr este acercamiento se recomienda en futuros trabajos hacer lo siguiente:
  - Explorar nuevas teorías que permitan integrar el factor tecnológico en el modelo dinámico-sistémico como un elemento endógeno, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos en las simulaciones, el factor tecnológico es el elemento que genera un crecimiento sostenido en el nivel de vida de las personas. Sin embargo, en el modelo económico clásico (específicamente el modelo de crecimiento de Solow) este factor se toma como un elemento exógeno.
  - Profundizar en el mercado de trabajo e investigar la influencia del salario nominal sobre la oferta de trabajo e integrarla al modelo dinámico-sistémico, con el propósito de una realizar una mejor representación dinámico-sistémica del fenómeno.
  - Tener en cuenta el efecto de la tasa de interés (nominal y real) sobre las decisiones de consumo de los hogares, ya que en este trabajo se consideró que el consumo de los hogares, únicamente depende de la renta disponible y su propensión marginal al consumo.
  - Incluir en el modelo dinámico-sistémico la creación de dinero que se da en los bancos comerciales cuando las reservas bancarias son menores al ciento por ciento del ahorro generado en la economía, ya que en este trabajo se consideró que la fracción de reservas es igual a tal valor.
  - Ampliar la visión del gasto fiscal hacia una visión realista, debido a que en este trabajo se consideró sólo como un gasto, cuando en la realidad el Gobierno también realiza inversiones que aumentan el stock de capital de la economía, y por consiguiente, la producción.
  - Expandir el modelo dinámico-sistémico, agregando el comercio exterior y las implicaciones que éste tiene sobre una macroeconomía doméstica.

- Adoptar visiones del modelo keynesiano acerca de la rigidez de precios y salarios nominales, que en términos de Dinámica de Sistemas, se consideran retardos en el ajuste de las variables.
- Atendiendo las sugerencias de modelado de John Sterman (Sterman, 2000) , se recomienda al Grupo SIMON proporcionar un espacio en el sitio web<sup>11</sup> en donde esté disponible el modelo a cualquier persona junto con su documentación.
- En el presente proyecto, se propusieron diferentes alternativas para aprender los principios de la macroeconomía usando las herramientas que proporciona la Dinámica de Sistemas. Se sugiere que en futuros trabajos se estructuren los currículums para cada una de las alternativas, de acuerdo con los objetivos del público que recibe la enseñanza y las limitaciones de recursos a las que están sujetos y continuar con las pruebas de uso.
- Este trabajo hizo uso principalmente de la herramienta software de modelado Evolución 4.1. Al interactuar con esta herramienta se sugiere que en futuras versiones:
  - La detección de los ciclos de realimentación la realice el software debido a que cuando el modelo se hace complejo, la detección a simple vista se hace difícil.
  - Permitir exportar los resultados obtenidos de las simulaciones en un formato en el cual sea posible manipular los datos.
  - Crear una opción para hacer análisis de sensibilidad por variación del paso de integración, ya que esta es una de las pruebas que se recomienda para evaluar los modelos dinámico-sistémicos.
  - Implementar una opción para limitar el valor de los parámetros y la validación de las unidades de las variables, con el fin de facilitar la evaluación de los modelos dinámico-sistémicos.
  - Revisar el manejo de memoria del componente de Evolución 4.1 que se integra en el entorno de programación de Delphi.

---

<sup>11</sup> <http://simon.uis.edu.co>

## BIBLIOGRAFÍA

ALFONSO, Wilson y MARIÑO, Laura. Ambiente software para recrear visiones dinámico-sistémicas de teorías económicas, ilustrado con la perspectiva Malthusiana. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

ANDRADE, Hugo, et al. Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de la unidad. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2001.

ANDRADE, Jair; ANDRADE, Hugo y GÓMEZ Urbano. Mejorando el proceso de aprendizaje de los principios de la macroeconomía usando el modelo económico clásico como herramienta pedagógica. En: IX Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Brasilia: Universidade de Brasília, 2011.

ARACIL, Javier y GORDILLO, Francisco. Dinámica de sistemas. Madrid: Alianza editorial, 1997.

BLANCHARD, Olivier. What do we know about macroeconomics that Fisher and Wicksell did not? En: NBER working paper series. Febrero, 2000. Working paper 7550.

BREHMER, Berndt. Dynamic decision making: Human control of complex systems. En: Acta Psychologica. Diciembre, 1992, vol. 81, no. 3.

BRUEGGE, Bernd y DUTOIT, Allen. Ingeniería de software orientado a objetos. México D.F.: Pearson education, 2002.

BUENO, Newton. System Dynamics and the role of History in economic growth theory. En: 27<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Albuquerque; System Dynamics Society, 2009.

CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración. México D.F.: McGraw Hill, 2007.

DORNBUSCH, Rudiger; FISCHER, Stanley y STARTZ, Richard. Macroeconomía. México D.F.: McGraw Hill, 2009.

FIELDS, Windsor y HART, William. What We Should (Not) Teach Students About Interest Rate Determination. En: Journal of economics and finance education. Invierno, 2003, vol. 2, no. 2.

FRIEDMAN, Milton. The role of monetary policy. En: The America Economic Review. Marzo, 1968, vol. 58, no. 1.

GAVIRIA, Mario. Apuntes de teoría y política monetaria. Apuntes de teoría y política monetaria. Edición electrónica gratuita, 2007. Disponible en internet: < URL: [http:// www.eumed.net/libros/2007a/233](http://www.eumed.net/libros/2007a/233)>

GÓMEZ, Diego y APARACIO, Sebastián. Simulaciones del crecimiento económico colombiano con Dinámica de Sistemas. En: VIII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.

GÓMEZ, Freddy y JOYA, Elsa. Economía dinámica del modelo de crecimiento de Harrod planteada con dinámica de sistemas. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

JAIMES, Ricardo y MEJÍA, Jaime. Herramienta informática para la comprensión y experimentación de fenómenos económicos –HICEFE. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1997.

JOHN, Klaus Dieter. A System Dynamics Approach to Macroeconomic Policy Evaluation - The Case of the German Debt Brake. En: 29<sup>th</sup> International

Conference of the System Dynamics Society. Washington D.C.: System Dynamics Society, 2011.

KIM, Hyunjung. Implications of Dynamic Decision Making Research on Monetary Policy Making at the Federal Reserve. En: 24<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Nijmegen: System Dynamics Society, 2006.

KRUGMAN, Paul y WELLS, Robin. Macroeconomía: Introducción a la economía. Barcelona: Editorial Reverté, 2007.

LARRAÍN, Felipe y SACHS, Jeffrey. Macroeconomía en la economía global. Buenos Aires: Pearson Education, 2002.

LEÓN, Augusto y SARMIENTO, Silvia. Perspectiva dinámico sistémica del modelo Ricardiano. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2005.

LIZCANO, Adriana y PINEDA, Eliécer. Micromundo para el estudio del modelo del ciclo económico de Adam Smith, un enfoque sistémico. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2000.

MANKIW, Gregory. Macroeconomía. Bogotá D.C.: Mayol Ediciones, 2010.

MANKIW, Gregory. Principios de economía. Madrid: McGraw Hill, 2002.

NORDHAUS, William y SAMUELSON, Paul. Macroeconomía. Madrid: McGraw Hill, 2001.



ORTIZ, Etelberto. Hacia una política monetaria y financiera para el cambio estructural y el crecimiento. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, 2003.

PARADA, Jairo. Modelo macroeconómico, institucional y sustentable, basado en Dinámica de Sistemas para la economía colombiana – borrador. En: VIII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.

SAY, Jean-Baptiste. A treatise on political economy. Ontario: Batoche Books, 2001.

SCHAFFERNICHT, Martin. Comparación de escuelas de pensamiento económico con diagramas de bucle causal. En: VII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Santa Marta: Universidad Industrial de Santander, 2009.

SENGE, Peter. La quinta disciplina. Buenos Aires: Ediciones Granica, 2008.

SKRIBANS, Valerijs. Development of System Dynamic Model of Latvia's Economic Integration in the EU. En: 29<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Washington D.C. : System Dynamics Society, 2011.

SOLOW, Robert. A Contribution to the Theory of Economic Growth. En: The Quarterly Journal of Economics. Febrero, 1956, vol. 70, no. 1.

SOTO, M. Dolores y FERNÁNDEZ, Ramón. Dynamics in economic growth: A perspective from System Dynamics. En: 28<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Seúl: System Dynamics Society, 2010.

SOTO, M. Dolores y FERNÁNDEZ, Ramón. Feedback Processes in Economic Growth: Relations between Hours Worked and Labour Productivity. En: 24<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Nijmegen: System Dynamics Society, 2006.

STERMAN, John. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. Boston: Irwin/Mc Graw Hill, 2000.

STIGLITZ, Joseph E. Caída libre: El libre mercado y el hundimiento de la economía mundial. Bogotá D.C.: Taurus, 2010.

WEBER, Lars. Understanding Recent Developments in Growth Theory. En: 25<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Boston: System Dynamics Society, 2007.

WEITZENFELD, Alfredo. Ingeniería de software orientada a objetos con UML, Java e Internet. México D.F. : Thomson, 2005.

WHEAT, David. The feedback method of teaching macroeconomics: is it effective? En: System Dynamics Review. Invierno, 2007, vol. 23, no. 4.

WHEAT, David. The feedback method: A System Dynamics approach to teaching macroeconomics. Tesis de doctorado. Bergen: Universidad de Bergen, 2007.

WHELAN, Joseph y MSEFER, Kamil. Economic supply and demand. En: MIT SD Road Map Paper. 1994. D-4388.

YAMAGUCHI, Kaoru. Balance of Payments and Foreign Exchange Dynamics – SD Macroeconomic Modeling (4). En: 25<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Boston: System Dynamics Society, 2007.

YAMAGUCHI, Kaoru. Integration of Real and Monetary Sectors with Labor Market – SD Macroeconomic Modeling (3). En: 24<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Nijmegen: System Dynamics Society, 2006.

YAMAGUCHI, Kaoru. On the Liquidation of Government Debt under A Debt-Free Money System – Modeling the American Monetary Act. En: 28<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Seúl: System Dynamics Society, 2010.

YAMAGUCHI, Kaoru. Open Macroeconomies as A Closed Economic System – SD Macroeconomic Modeling Completed. En: 26<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Atenas : System Dynamics Society, 2008.

YAMAGUCHI, Kaoru. Workings of A Public Money System of Open Macroeconomies – Modeling the American Monetary Act Completed. En: 29<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Washington D.C. : System Dynamics Society, 2011.

YAMASHITA, Takayuki. A System Dynamics Approach to the Regional Macroeconomic Model. En: 29<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Washington D.C. : System Dynamics Society, 2011.

## ANEXOS

### ANEXO A. Ecuaciones del primer prototipo: Producción de bienes y servicios

En este anexo y posteriores se omiten los parámetros o variables exógenas del modelo, debido a que ya han sido descritos anteriormente (Ver sección 4.4.4) en el desarrollo de este trabajo.

Variable	Tipo	Definición	Descripción
AjusteSalarios	Flujo	$\text{SalarioDeseado} - \text{SalarioNominal}$	Ajuste realizado al salario nominal debido a la relación entre oferta y demanda de trabajo [unidades monetarias/unidad de tiempo]
AuxCapOpt	Auxiliar	$(\text{Tecnologia} * 0.25) / \text{CostoCapital}$	Variable auxiliar para facilitar el cálculo del capital óptimo [1/1].
AuxDemTra	Auxiliar	$(0.75 * \text{Tecnologia} * \text{Precio}) / \text{SalarioNominal}$	Variable auxiliar para facilitar el cálculo de la demanda de trabajo [1/1].
Capital	Nivel	Capital inicial	Cantidad de capital físico que poseen las empresas [Bienes].
CapitalDeseado	Auxiliar	$\text{CapitalOptimo} + \text{Depreciacion}$	Cantidad de capital que desean tener las empresas [bienes].
CapitalOptimo	Auxiliar	$\text{POWER}(\text{AuxCapOpt}, 4/3) * \text{Empleados}$	Función que iguala los costes del capital con la producción marginal del capital [Bienes].
CapitalPorEmp	Auxiliar	$\text{Capital} / \text{Empleados}$	Cantidad de bienes de capital que posee cada trabajador en promedio para realizar su actividad laboral [bienes/persona].
ConseguirTrabajo	Flujo	Contratar	Cantidad de personas que consiguen trabajo

			en un periodo de tiempo. Si el flujo es negativo significa que las personas pierden su empleo [personas/unidad de tiempo].
Contratar	Flujo	$\text{if}(\text{DiscrepanciaDem} > 0, \text{MIN}(\text{DiscrepanciaDem}, \text{PerDisTra}), \text{MIN}(\text{Empleados}, \text{DiscrepanciaDem}))$	Cantidad de personas que contratan las empresas en un periodo. Si el flujo es negativo significa que las empresas despiden trabajadores [personas/unidad de tiempo].
CostoCapital	Auxiliar	$\text{PCT}(\text{TasaDepreciacion}) + \text{PCT}(\text{interes})$	De acuerdo a la teoría clásica, la suma de la constante de depreciación y la tasa de interés es el coste del capital [1/1].
CrecimientoPA	Flujo	$\text{OfertaTrabajo} * \text{PCT}(\text{TasaCrecimPA})$	Crecimiento de la oferta de trabajo [personas/unidad de tiempo].
DemandaTrabajo	Auxiliar	$\text{MAX}(1, \text{POWER}(\text{AuxDemTra}, 4) * \text{Capital})$	Función que determina la cantidad de trabajo que las empresas están dispuestas a contratar teniendo en cuenta el salario nominal, la tecnología, el capital y el nivel de precios [Personas].
Depreciacion	Flujo	$\text{Capital} * \text{PCT}(\text{TasaDepreciacion})$	Capital que se desgasta por el uso [bienes/unidades de tiempo].
DesarrollarTecno	Flujo	$\text{Tecnologia} * \text{PCT}(\text{TasaInnovacion})$	Crecimiento de la tecnología [1/1/unidad de tiempo].
Desempleados	Auxiliar	$\text{PerDisTra} - \text{ConseguirTrabajo}$	Personas que han buscado trabajo por al menos un periodo de tiempo y no lo pudieron

			conseguir [Personas].
DesempleoEstruct	Auxiliar	$(\text{Desempleados}/\text{OfertaTrabajo}) * 100$	Es el desempleo que se registra cuando en el mercado laboral hay más personas que buscando empleo que puestos de trabajo [%].
Desempleofriccio	Auxiliar	$(\text{PerDisTra}/\text{OfertaTrabajo}) * 100$	Desempleo que resulta del tiempo que tardan los trabajadores en encontrar empleo [%].
DiscrepanciaDem	Auxiliar	DemandaTrabajo-Empleados	Brecha entre la cantidad de empleados que desean tener las empresas y la cantidad actual que están contratados [personas].
EfectoEmpSalario	Tabla	INTSPLINE(2,0.5,0.1,2,1.8,1.550,1.350,1.150,1,0.875,0.750,0.650,0.550,0.500)	Es el efecto que se produce sobre el salario nominal de acuerdo con las condiciones del mercado laboral[1/1]
Empleados	Nivel	Empleo inicial	Cantidad de personas contratadas por las empresas [personas].
InversionBruta	Flujo	$\text{MAX}(0, \text{CapitalDeseado} - \text{Capital})$	Compras de capital que realizan las empresas para ajustar sus stocks de capital al nivel óptimo [bienes/unidad de tiempo].
OfertaTrabajo	Auxiliar	Empleados+PerDisTra	Cantidad de personas en el mercado laboral [Personas].
PerDisTra	Nivel	PerDistra inicial	Cantidad de personas sin empleo dispuestas a trabajar [personas].
PIBNominal	Auxiliar	Produccion*Precio	Valor monetario de la producción de bienes y servicios [Unidades monetarias].
ProdPerCapita	Auxiliar	Produccion/Empleados	Cantidad de bienes en promedio que produce cada trabajador [Bienes/persona].
Produccion	Auxiliar	$\text{POWER}(\text{Empleados}, 0.75) * \text{POWER}(C$	Producción de bienes y

		apital,0.25)*Tecnologia	servicios de la economía - PIB [Bienes].
RatioEmpleo	Auxiliar	OfertaTrabajo/DemandaTrabajo	Relación entre oferta y demanda de trabajo [1/1].
SalarioDeseado	Auxiliar	SalarioNominal*EfectoEmpSalario	Valor del salario nominal al que debería estar con base en la dinámica del mercado laboral [unidades monetarias].
SalarioNominal	Nivel	Salario nominal inicial	Cantidad de unidades monetarias que cobran los trabajadores [unidades monetarias].
SalarioReal	Auxiliar	SalarioNominal/Precio	Es el poder adquisitivo del salario nominal, es decir, la cantidad de productos que se pueden comprar con el salario nominal [bienes].
Tecnologia	Nivel	Tecnología inicial	Conocimientos que aumentan la productividad del trabajo y el capital [1/1].

### ANEXO B. Ecuaciones del segundo prototipo: Demanda de bienes y servicios

Teniendo en cuenta que el proceso de modelado es un proceso incremental, se omiten las ecuaciones del primer prototipo, debido a que ya fueron descritas (Ver Anexo A).

Variable	Tipo	Definición	Descripción
Ahorro	Auxiliar	(RentaDisponible+Impuestos) - GastoNomEfectuad	Volumen total de renta que no consumen los agentes económicos y es depositada en los bancos [unidades monetarias].
AumentarInventar	Flujo	Produccion	Cantidad que producción por periodo de tiempo, que aumenta los inventarios de las

			empresas [bienes/unidad de tiempo].
BieDisInv	Auxiliar	$\text{MAX}(0, \text{Inventarios} - \text{GastoRealPosible})$	Máxima cantidad de bienes disponibles para aumentar el stock de capital [bienes].
CambiolInteres	Flujo	$\text{InteresDeseado} - \text{InteresReal}$	Ajuste en la tasa de interés de acuerdo con la dinámica del mercado de fondos prestables [puntos básicos/unidad de tiempo].
Consumo	Auxiliar	$\text{RentaDisponible} * \text{PCT}(\text{PMC})$	Parte de la renta que se destina a la adquisición de bienes y servicios para la satisfacción de necesidades [unidades monetarias].
DANominal	Auxiliar	$\text{DemandaAgregada} * \text{Precio}$	Valor monetario de la cantidad de bienes comprados por los agentes económicos [unidades monetarias].
DemandaAgregada	Flujo	$\text{GastoRealPosible} + \text{Inversion}$	Cantidad de bienes comprados los agentes económicos en un periodo de tiempo [bienes/unidad de tiempo].
DemandaFonPre	Auxiliar	$\text{CapitalDeseado} * \text{Precio}$	Valor de la cantidad de bienes que desean comprar los inversionistas [unidades monetarias].
Depositar	Flujo	Ahorro	Cantidad dinero depositada en el sistema financiero producto del ahorro en un periodo de tiempo [unidades monetarias/unidad de tiempo].
EfectoFondosInt	Tabla	$\text{INTSPLINE}(2,0.5,0.1,2,1.8,1.550,1.350,1.150,1,0.875,0.750,0.650,0.550,0.500)$	Descripción = Efecto sobre la tasa de interés que se produce de



			acuerdo con la dinámica del mercado de fondos prestables [1/1].
FondosPrestables	Nivel	FondosPrestables inicial	Cantidad de dinero en el sistema financiero para invertir [unidades monetarias].
GastoGobierno	Auxiliar	Renta*PCT(FactorGastoGob)	Compras de bienes y servicios realizado por el Estado [unidades monetarias].
GastoNomDeseado	Auxiliar	Consumo+GastoGobierno	Gasto en bienes y servicios que desean realizar los hogares y el estado [unidades monetarias].
GastoNomEfectuad	Auxiliar	MIN(GastoNomDeseado,GastoNom Posible)	Valor del gasto realizado en bienes y servicios por los hogares y el gobierno [Unidades monetarias].
GastoNomPosible	Auxiliar	Inventarios * Precio	Es el valor de la máxima cantidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos por los hogares y el gobierno [unidades monetarias].
GastoRealDeseado	Auxiliar	(GastoGobierno+Consumo)/Precio	Cantidad de gasto realizado en consumo por parte de los hogares y el Gobierno [bienes].
GastoRealPosible	Auxiliar	MIN(Inventarios,GastoRealDeseado)	Máxima cantidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos por los hogares y el gobierno [bienes].
Impuestos	Auxiliar	Renta*PCT(FactorRecaudacio)	Son cargas obligatorias que las personas tienen que pagar para financiar al estado [Unidades monetarias].
InteresDeseado	Auxiliar	InteresReal*EfectoFondosInt	Interés al que debería estar la economía de acuerdo con la demanda y oferta de fondos prestables [puntos

			básicos].
InteresReal	Nivel	InteresReal Inicial	Costo de pedir dinero prestado [puntos básicos].
Inventarios	Nivel	Inventarios inicial	Cantidad de productos que tienen las empresas disponibles para vender [bienes].
Inversión	Auxiliar	$\text{MIN}(\text{BieDisInv}, \text{InversionPosible})$	Cantidad de capital físico comprado por las empresas [bienes].
InversionPosible	Auxiliar	$\text{MIN}((\text{FondosPrestables})/\text{Precio}, \text{CapitalDeseado})$	Máxima inversión que se puede realizar [unidades monetarias].
RatioFondos	Auxiliar	$\text{FondosPrestables} / \text{DemandaFonPre}$	Relación de cantidad de fondos disponibles y fondos deseados por los inversionistas [1/1].
Renta	Auxiliar	$\text{RentaTrabajo} + \text{RentaCapital}$	Cantidad de ingresos de los hogares [unidades monetarias].
RentaCapital	Auxiliar	$\text{Capital} * \text{Precio} * \text{CostoCapital}$	Es el pago que reciben los hogares por el alquiler del capital físico a las empresas para la producción de bienes y servicios [unidades monetarias].
RentaDisponible	Auxiliar	$\text{Renta} - \text{Impuestos}$	Renta de que disponen las economías domésticas para su consumo o ahorro [unidades monetarias].
RentaTrabajo	Auxiliar	$\text{SalarioNominal} * \text{Empleados}$	Remuneración que reciben en total los trabajadores por su trabajo [unidades monetarias].
Retirar	Flujo	$\text{Inversion} * \text{Precio}$	Cantidad de dinero retirada por los inversionistas en un periodo de tiempo [unidades monetarias/unidad de tiempo].

### ANEXO C. Ecuaciones del tercer prototipo: Dinero y variación de precios

Al igual que en el anexo anterior, se omiten las ecuaciones del primer y segundo prototipo. Sin embargo, gracias a que el dinero produce distorsiones sobre la economía, algunas variables sufren cambios para ajustarse a la nueva dinámica que se produce. Estas variables se resaltan en negrilla.

Variable	Tipo	Definición	Descripción
AjustarCrecimien	Flujo	CrecimientoDesea-CrecimientoDiner	Ajuste realizado al crecimiento de la cantidad de dinero con base en las decisiones de la política monetaria [(1/1)/unidad de tiempo]
AjustePrecios	Flujo	PrecioDeseado-Precio	Cambio en el nivel de precios debido a la dinámica del mercado de bienes y servicios [unidades monetarias/bienes)/unidad de tiempo].
Anterior_1	Anterior	Valor inicial	Retraso de primer orden de los ingresos recibidos por las empresas en la venta de bienes y servicios [Unidades monetarias].
CrecimientoDesea	Auxiliar	PoliticaMonetari * CrecimientoDiner	Crecimiento de dinero que estabiliza el nivel de precios en la economía [1/1].
CrecimientoDiner	Nivel	CrecimientoDiner inicial	Factor de crecimiento de dinero al que el Banco Central incrementa la oferta monetaria [1/1].
DADeseada	Auxiliar	GastoRealDeseado+InversionPosible	Cantidad de bienes que desean comprar los agentes económicos [bienes].
DemDin	Auxiliar	MAX(0, PagoDeseado + Dividendos)	Cantidad dinero que desean los agentes económicos para realizar transacciones [Unidades

			monetarias].
<b>Depositar</b>	Flujo	Ahorro + OMAS + IngresosVentas	Cantidad dinero en una unidad de tiempo depositada en el sistema financiero [unidades monetarias /unidad de tiempo].
Dinero	Nivel	Dinero inicial	Cantidad de dinero para realizar transacciones. [unidades monetarias]
Dividendos	Auxiliar	MAX(0,(Anterior_1 * Precio)-PagoDeseado	Parte de los beneficios de una sociedad de capitales que se paga a cada accionista al nivel de precios actual [Unidades monetarias].
EfectoBienesPrec	Tabla	INTSPLINE(2,0.5,0.1,2,1.8,1.550,1.350,1.150,1,0.875,0.750,0.650,0.550,0.500)	Efecto que produce la dinámica del mercado de bienes y servicios sobre el nivel de precios [1/1].
EfectoDinInt	Tabla	INTSPLINE(2,0.5,0.1,2,1.8,1.550,1.350,1.150,1,0.875,0.750,0.650,0.550,0.500)	Efecto que produce el mercado de dinero sobre la tasa de interés real [1/1].
<b>FondosPrestables</b>	Auxiliar	MAX(0,Dinero-Renta)	Cantidad de dinero en el sistema financiero para invertir [unidades monetarias].
IngresosVentas	Auxiliar	DemandaAgregada*Precio	Cantidad de dinero que reciben las empresas por la venta de bienes y servicios [unidades monetarias].
<b>InteresDeseado</b>	Auxiliar	InteresReal* EfectoFonInt * EfectoDinInt	Interés al que debería estar la economía de acuerdo con la dinámica del mercado de fondos prestables y el mercado de dinero [puntos básicos].
OMAS	Auxiliar	Dinero*PCT(CrecimientoDiner)	Mecanismo del Banco Central para controlar la oferta monetaria [unidades monetarias / unidad de tiempo].

PagoDeseado	Auxiliar	RentaTrabajo + RentaCapital	Cantidad de dinero que deben recibir los factores de producción por su trabajo y alquiler de capital [Unidades monetarias].
PagoFactores	Auxiliar	MIN(Dinero,PagoDeseado)	Máxima cantidad de dinero que pueden recibir los factores de producción por su trabajo y alquiler de capital [Unidades monetarias].
PoliticaMonetari	Tabla	INTSPLINE(2,0.4,0.1,0.200,0.300,0.400,0.500,0.650,0.750,1.000,1.200,1.300,1.375,1.420,1.450)	Son las determinaciones del Banco Central para afectar el crecimiento del dinero [1/1].
Precio	Nivel	Precio inicial	Cantidad de unidades monetarias que se debe pagar por cada bien [unidades monetarias/bienes].
PrecioDeseado	Auxiliar	EfectoBienesPrec*Precio	Precio al que deben estar los bienes de acuerdo con la dinámica del mercado de bienes y servicios [unidades monetarias/bienes].
RatioBienes	Auxiliar	Inventarios/DADeseada	Relación entre oferta y demanda de bienes y servicios [1/1].
RatioDin	Auxiliar	if(DemDin=0,0,Dinero/(DemDin))	Relación entre la oferta y demanda de dinero [1/1].
<b>Renta</b>	Auxiliar	Dividendos + PagoFactores	Cantidad de ingresos de los hogares [unidades monetarias].
<b>Retirar</b>	Flujo	Inversion * Precio + MIN(Renta,Dinero)	Cantidad de dinero retirada del sistema financiero en una unidad de tiempo [Unidades monetarias]

## ANEXO D. Prueba realizada a estudiantes de economía de segundo año acerca de la oferta de bienes y servicios



### EXPERIENCIA DE APLICACIÓN. VISTA DE LA OFERTA AGREGADA DESDE UN ENFOQUE SISTÉMICO

1. De acuerdo con el modelo económico clásico, el gobierno a través de la política monetaria tiene el control del nivel de precios. ¿Qué pasaría con la producción de bienes y servicios y con los salarios reales y nominales, si el gobierno por medio de una política monetaria expansiva decide aumentar el nivel de precios? ¿Por qué?
2. De acuerdo, con el modelo económico clásico, la política monetaria debe tener como indicador de referencia el nivel de precios en vez de un indicador como el desempleo. ¿Por qué el Banco Central no se debe preocupar por el desempleo o usted cree que debería hacerlo?
3. Un indicador del nivel de vida de una economía, es el PIB per cápita o la producción por empleado. ¿Si usted estuviera a cargo de la política económica de un país, cómo orientaría sus decisiones para lograr un crecimiento continuo del PIB per cápita? ¿Por qué?
4. Un incremento de la oferta de trabajo, evidentemente da como resultado un aumento en la producción de bienes y servicios (PIB). ¿Para la economía en su conjunto, recomendaría altas tasas de crecimiento de la oferta de trabajo? ¿Por qué?