

**MICROMUNDOS PARA APOYAR LOS PROCESOS DE CAMBIO
Y DE TOMA DE DECISIONES ORGANIZACIONALES. UN
CASO DE ESTUDIO CON DINÁMICA DE SISTEMAS**

LILIA NAYIBE GELVEZ PINTO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2006**

**MICROMUNDOS PARA APOYAR LOS PROCESOS DE CAMBIO Y DE
TOMA DE DECISIONES ORGANIZACIONALES. UN CASO DE ESTUDIO
CON DINÁMICA DE SISTEMAS**

LILIA NAYIBE GELVEZ PINTO

Tesis

Director:

M.I. Hugo Hernando Andrade Sosa

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2006**

DEDICATORIA

Hace trece años, veía el mundo en mis manos, pero no me daba cuenta que los seres queridos me lo sostenían. Ahora que empiezo a darme cuenta, veo a mis seres queridos y quisiera regalarles el mundo que me han regalado con tanto amor, paciencia, esperanza y fe. Este es un fruto que Ustedes me han permitido dar... sin darme cuenta. Ahora que empiezo a darme cuenta, les aseguro ... soy feliz!.

Gracias a Tobias, Luisa, Evangelina, Verónica, Arnulfo, Hugo y Carime por el amor, la paciencia y la fé.

Gracias a María Alejandra por la esperanza.

AGRADECIMIENTOS

La autora reconoce el apoyo recibido de parte de su Tutor, el profesor Hugo Hernando Andrade y los integrantes del grupo de Investigación en modelos y simulación, SIMON, de la Universidad Industrial de Santander, con quienes se gestó y se hizo seguimiento a esta tesis.

El papel de los profesores Luis Carlos Gómez Florez y Ricardo Yamoza fue decisivo para la terminación exitosa de esta tesis por sus aportes como jurados.

Las instituciones que recibieron este trabajo como útil en su gestión y/o facilitaron información y tiempo para la investigadora fueron la Universidad de Pamplona, la Universidad del Valle y la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

El desarrollo y cierre de este trabajo hubiera sido imposible sin el acompañamiento y vigilia de los amigos del Grupo de Investigación en Pensamiento Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

La compañía silente de la familia en los momentos de intenso trabajo y en los momentos de descanso no tiene palabras para su agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. REVISIÓN CONCEPTUAL SOBRE MICROMUNDOS	4
2. REVISIÓN DE EXPERIENCIAS DOCUMENTADAS Y PROPUESTAS METODOLÓGICAS DE LA COMUNIDAD DINÁMICO-SISTÉMICA	12
2.1 REVISION DE PROPUESTAS DE ARQUITECTURAS EN LA COMUNIDAD DINAMICO SISTEMICA	12
2.1.1 Arquitectura de Alessi	12
2.1.2 Arquitectura de Maier y Grobler	12
2.1.3. Características de los ambientes de aprendizaje de Morecroft y Sterman	15
2.1.4 Las plataformas de Dinámica de Sistemas para el aprendizaje y la estrategia	16
2.1.5 Las interfaces de aprendizaje de Ritchie-Dunham	16
2.1.5.1 Laboratorios de aprendizaje	18
2.1.5.2 Ambientes de aprendizaje	18
2.1.6 Características de un micromundo para Panqueva y Mariño	18
2.2 REVISION INDUCTIVA	19
2.2.1 Un modelo Dinámico-sistémico	22
2.2.2 Un motor de simulación	22
2.2.3 Una interface de usuario gráfica	22
2.2.4 Un diseño educativo	22
3. Revisión de propuestas metodológicas a partir de casos relacionados con la Universidad	24

3.1 EXPERIENCIAS DE LA SOCIEDAD DE DINAMICA DE SISTEMAS CON EDUCACION SUPERIOR	24
3.2. DOCUMENTACION SOBRE GESTION UNIVERSITARIA CON DINAMICA DE SISTEMAS	25
3.2.1 Síntesis de Michael Kennedy	25
3.2.2 El caso Unigame, de Barlas y Diker	26
3.2.3 Virtual U	27
3.2.4 Experiencias locales	27
3.3 UNA PROPUESTA DE GESTIÓN TRASCENDENTE DE LA UNIVERSIDAD	27
4. MICROMUNDO CASO DE ESTUDIO	32
4.1 PROTOTIPO UNO	32
4.2 PROTOTIPO DOS	35
4.3 PROTOTIPO TRES	38
4.4 VALIDACIÓN DEL MODELO SUBYACENTE AL MICROMUNDO MI UNIVERSIDAD	41
5. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS PARA EL DISEÑO DE MICROMUNDOS PARA LA GESTIÓN UNIVERSITARIA	45
5.1. SOBRE EL PROCEDIMIENTO O PROTOCOLO	45
5.1.1. Presentación del caso a gestionar, su historia y estado actual	45
5.1.2. Presentación de metas	45
5.1.3. Reconocimiento de indicadores de desempeño del sistema	46
5.1.4. Presentación de variables de control	46

5.1.5. Presentación de estructura causal-cíclica	46
5.1.6. Presentación del modelo en niveles y flujos	47
5.1.7. Presentación y/o diseño de escenarios	48
5.1.8. Expresión de comportamiento esperado de acuerdo con la lógica causal	48
5.1.9. Simulación	49
5.1.10. Análisis de resultados de simulación y comparación con el comportamiento esperado	49
5.1.12. Generación de conclusiones de relación estructura-comportamiento	50
5.2. SOBRE LA ARQUITECTURA	50
5.2.1.El Diseño Educativo	50
5.2.2. El modelo	51
5.2.3. El simulador	51
5.2.4. La interface	51
5.3. SOBRE LAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS	52
6. CONCLUSIONES	54
7. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características de los ambientes de simulación soportados en computador	14
Tabla 2. Atributos de la tipología de Interfaces de Aprendizaje	17
Tabla 3. Caracterización de un micromundo por Panqueva y Mariño	19
Tabla 4. Clasificación del micromundo People Express con la tipología de Maier y Grobler	20
Tabla 5. Uso de componentes tecnológicos en un micromundo	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Aprendizaje organizacional "natural"	7
Figura 2. Aprendizaje organizacional "diseñado"	9
Figura 3. Arquitectura básica propuesta para un Micromundo con Dinámica de Sistemas	23
Figura 4. Tipos de gestión organizacional propuestos	30
Figura 5. Diagrama causal del Micromundo Versión 1.0	34
Figura 6. Interface del Micromundo versión 1.0.	35
Figura 7. Diagrama de Niveles y Flujos, Micromundo versión 2.0	37
Figura 8. Interface del Micromundo versión 2.0	38
Figura 9. Presentación inicial del micromundo U3	39
Figura 10. Presentación de resultados en U3	39
Figura 11. Presentación de decisiones relacionadas con el profesorado en U3	40
Figura 12. Presentación de las estructuras dinámico-sistémicas en el Micromundo "Mi Universidad"	40

RESUMEN

TÍTULO: MICROMUNDOS PARA APOYAR LOS PROCESOS DE CAMBIO Y DE TOMA DE DECISIONES ORGANIZACIONALES. UN CASO DE ESTUDIO CON DINAMICA DE SISTEMAS*

AUTOR: GELVEZ PINTO, Lilia Nayibe **

PALABRAS CLAVES: Micromundos, Dinámica de Sistemas, Gestión Universitaria, Pensamiento Sistémico

DESCRIPCIÓN:

Esta tesis buscó reconocer qué visión de la organización ofrecen los micromundos como tecnología soportada en la Dinámica de Sistemas, qué experiencias se han desarrollado alrededor del diseño de micromundos en la gestión universitaria, cómo se podría estructurar un proceso de diseño de herramientas informáticas como los micromundos, para apoyar la gestión del cambio y la toma de decisiones en una organización de educación superior y qué implicaciones tiene ofrecer este apoyo tecnológico a la gestión en organizaciones como una universidad colombiana. La hipótesis que soporta esta investigación, en el marco de la formación de la Maestría en Informática, parte de la pertinencia que tienen los micromundos, como herramientas informáticas basadas en la simulación con Dinámica de Sistemas, para apoyar una gestión sistémica de organizaciones y en particular, de la Universidad. Avanzar en esta pregunta implicó hacer una revisión conceptual que recogiera los fundamentos que dieron origen a la propuesta de los Micromundos como herramientas dinámico-sistémicas de apoyo para la gestión. El proceso de enriquecimiento de la presentación de lineamientos metodológicos se logró a partir de la revisión de propuestas metodológicas a partir de casos relacionados con la Universidad. Como caso de estudio, se asumió la gestión de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y durante esta investigación se desarrollaron tres versiones del Micromundo “Mi Universidad”.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ciencias Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Maestría en Informática. Hugo Hernando Andrade Sosa.

ABSTRACT

TITLE: MICROWORLDS TO SUPPORT THE PROCESSES OF CHANGE AND OF TAKING OF ORGANIZATIONAL DECISIONS. A CASE OF STUDY WITH DYNAMICS OF SYSTEMS*

AUTHOR: GELVEZ PINTO, Lilia Nayibe **

KEY WORDS: Microworlds, Dynamics of Systems, University Management, Systemic Thinking

DESCRIPTION:

This thesis looked for to recognize what vision of the organization they offer the microworlds like technology supported in the Dynamics of Systems, what experiences they have been developed around the design of microworlds in the university management, how you could structure a process of design of computer tools as the microworlds, to support the management of the change and the taking of decisions in an organization of superior education and what implications has to offer this technological support to the management in organizations like a Colombian university. The hypothesis that supports this investigation, in the mark of the formation of the Master in Computer Science, leaves of the relevancy that they have the microworlds, as computer tools based on the simulation with Dynamics of Systems, to support a systemic management of organizations and in particular, of the University. To advance in this question implied to make a conceptual revision that chosen up the foundation that gave origin to the proposal of Microworlds like dynamic-systemic tools of support for the management. The process of enrichment of the presentation of methodological limits was achieved starting from the revision of methodological proposals starting from cases related with the University.

As case of study, was assumed the management of the Faculty of Engineering of Systems of the Autonomous University of Bucaramanga and during this investigation were developed three versions of Microworld "My University".

* Grade Project.

** Faculty of Sciences Physique Mechanics. School of Engineering of Systems and Computer Science. Master in Computer Science. Hugo Hernando Andrade Sosa.

INTRODUCCIÓN

Desde los estudios organizacionales con Dinámica de Sistemas (DS), propuestos por Jay Forrester en su libro génesis de la Dinámica de Sistemas, titulado “Industrial Dynamics” (Forrester, 1961), se propone el uso de modelos de simulación para apoyar la toma de decisiones a nivel organizacional. El uso de estos modelos de simulación permite la experimentación, a través del computador, para proyectar comportamientos del sistema frente a las políticas asumidas.

Peter Senge, treinta años más tarde, sigue la tradición del Instituto Tecnológico de Massachusset, MIT y recoge la propuesta de aprendizaje organizacional de Argirys y Schon y la concepción de Micromundo de Papert y las enriquece con la Dinámica de Sistemas. Su planteamiento logra una gran difusión en las comunidades de gestión organizacional y difunde la tecnología de los Micromundos como “herramientas informáticas para un aprendizaje organizacional eficaz” (Senge, 1990, 1992) que facilitan la reflexión de los supuestos que tiene el tomador de decisiones, sobre como se comporta y como va a responder la organización a sus decisiones, generando así un proceso de aprendizaje individual que refuerza el dominio personal y que reforzado en un proceso de aprendizaje en equipo motiva el diálogo en busca de una visión compartida que oriente a todos los gestores en la misma dirección.

Reconocer qué visión de la organización ofrecen los micromundos como tecnología soportada en la Dinámica de Sistemas, qué experiencias se han desarrollado alrededor del diseño de micromundos en la gestión universitaria, cómo se podría estructurar un proceso de diseño de herramientas informáticas como los micromundos, para apoyar la gestión del cambio y la toma de decisiones en una organización de educación superior y qué implicaciones tiene ofrecer este apoyo tecnológico a la gestión en

organizaciones como una universidad colombiana, son indagaciones que dieron lugar a este proyecto de maestría.

La hipótesis que soporta esta investigación, en el marco de la formación de la Maestría en Informática, parte de la pertinencia que tienen los micromundos, como herramientas informáticas basadas en la simulación con Dinámica de Sistemas, para apoyar una gestión sistémica de organizaciones y en particular, de la Universidad.

La investigación converge en la definición de lineamientos metodológicos para el diseño de Micromundos, para apoyar la gestión del cambio y la toma de decisiones en las organizaciones, en particular, en la Universidad como caso de estudio.

Avanzar en esta pregunta implicó hacer una revisión conceptual que recogiera los fundamentos que dieron origen a la propuesta de los Micromundos como herramientas dinámico-sistémicas de apoyo para la gestión. La recopilación de esta etapa de la investigación comprende el primer capítulo del documento titulado “Revisión conceptual sobre micromundos”.

Para iniciar la definición de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos, se partió de la revisión del estado del arte en la comunidad Dinámico-Sistémica reportado en la Revista y en las memorias de los congresos internacionales, de la Sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas, indagando por reportes de diseño, evaluación o desarrollo metodológico sobre micromundos. Este proceso se documenta en el segundo capítulo titulado “Revisión de experiencias documentadas y propuestas metodológicas de la comunidad Dinámico-Sistémica”.

Ya que la mayoría de artículos y ponencias de la comunidad dinámico-sistémica, son reportes de experiencias en casos particulares, la investigación asumió un enfoque inductivo, mediante la revisión de algunos micromundos reconocidos por la comunidad dinámico-sistémica internacional, a la luz de la estructura construida en el

capítulo anterior. El proceso de enriquecimiento de la presentación de lineamientos metodológicos a partir de casos de experiencias con Micromundos en gestión de la universidad, se documenta en el capítulo tres titulado “Revisión de propuestas metodológicas a partir de casos relacionados con la Universidad”.

Como caso de estudio, se asumió la gestión de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y durante esta investigación se desarrollaron tres versiones del Micromundo “Mi Universidad”. La experiencia de desarrollo paralelo y en relación con los lineamientos obtenidos se se documenta en el capítulo cuatro con la denominación “Micromundo caso de estudio”.

La revisión del estado del arte, unida a la reflexión sobre la experiencia con el caso de estudio, dio lugar a una versión depurada de los lineamientos para diseñar micromundos en la gestión universitaria, la cual se presenta de manera propositiva en el capítulo cinco, titulado “Propuesta de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos para la gestión universitaria”.

Las conclusiones y recomendaciones se han organizado en dos temáticas de interés así: Sobre el carácter dinámico-sistémico de la gestión universitaria que determina el uso de micromundos y sobre el carácter informático de los micromundos como herramientas para la gestión organizacional.

La autora espera ofrecer con este trabajo, un paso en la formalización del diseño de micromundos para la gestión organizacional en general y para la gestión universitaria en particular, que apoye el desarrollo de la Dinámica de Sistemas como tecnología Informática para la gestión.

1. REVISIÓN CONCEPTUAL SOBRE MICROMUNDOS

El término Micromundo fue presentado por Seymour Papert en los ochenta (1980), como fruto de sus investigaciones en Inteligencia Artificial en el MediaLab del MIT, para describir ambientes que permitían al computador actuar con aparente inteligencia; estos ambientes estaban soportados en un enfoque constructivista para la representación e interpretación individual de realidades externas; entre los productos más difundidos por el MediaLab del MIT están Logo y Microworlds. Papert asumió los micromundos como tecnología informática que permitía a los aprendices construir conocimiento por su propia cuenta.

Los primeros micromundos con Dinámica de Sistemas, fueron más conocidos como “simuladores de vuelo gerencial”, en nombre del “management flight simulators - MFS” de la aerolínea People Express (Serman, 1988), uno de los primeros micromundos en el campo de la gestión de empresas, desarrollado por su grupo de investigación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. El grupo del Sloan School promovió los simuladores de vuelo gerencial como paquetes de software orientados al modelamiento y simulación con Dinámica de Sistemas, inicialmente en el marco de la formación de gestores (Serman y Morecroft, 1992) y más tarde en el ámbito de las consultorías organizacionales (Serman, 2000).

Con una amplia campaña de difusión, Peter Senge recoge la palabra “Micromundo” como la “tecnología de las organizaciones inteligentes”, con la cual las organizaciones aprenden mediante la experiencia de “realizar experimentos, verificar estrategias y elaborar una mejor comprensión de los aspectos del mundo representados en el micromundo a partir del modelamiento y la simulación con Dinámica de Sistemas” (Senge, 1992).

Con los micromundos se pretende que el tomador de decisiones se acerque a una

representación de la situación organizacional objeto de estudio, mediante un ambiente virtual que permite simular las estrategias de intervención, proyectar la respuesta del sistema a los cambios generados y confrontar los supuestos que sobre dicha realidad representada se tenían inicialmente, motivando así un proceso de aprendizaje.

Gracias al fortalecimiento de la comunidad de Dinámica de Sistemas, al desarrollo de la industria computacional y de la Ingeniería de software hacia las interfaces de usuario en la última década, se ha ganado una mayor difusión de estas herramientas informáticas en el campo de la gestión organizacional, con software comercial extranjero como Stella, Microworlds, Vensim, PowerSim y con software académico local como Evolución.

La idea de experimentación en laboratorios viene acuñada en las propuestas iniciales de la Dinámica de Sistemas como metodología para la gestión, de acuerdo con las palabras de Jay Forrester en su libro *Industrial Dynamics*: "Es solamente a través de errores y experiencias costosas que los administradores han sido capaces de desarrollar un juicio intuitivo efectivo. Necesitamos hacer expedito este proceso de aprendizaje. Otras profesiones en circunstancias similares han recurrido a experimentos en laboratorios" (Forrester, 1968).

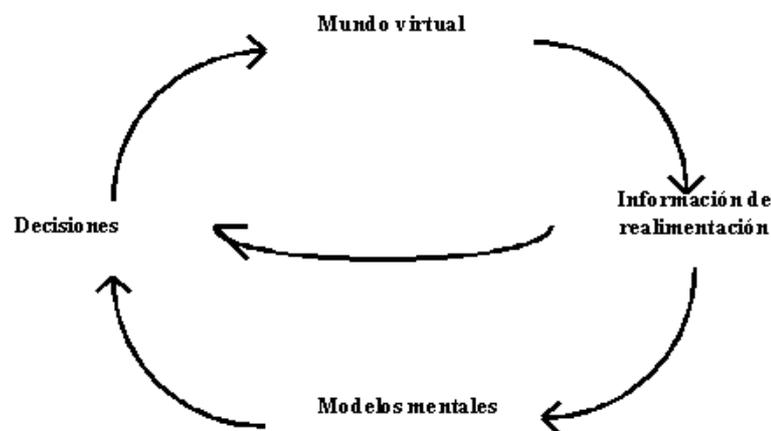
Forrester enuncia una situación problemática en la organización: el proceso de aprendizaje para el tomador de decisiones es costoso, ineficiente, por ensayo y error. Luego propone la correspondiente mejora: la experimentación con laboratorios administrativos. Estos laboratorios, como lo menciona en su libro, tienen como instrumento principal de experimentación un modelo construido mediante la Dinámica de Sistemas y simulable en el computador. La argumentación de Forrester inicia caracterizando ciertas limitaciones del proceso de aprendizaje organizacional que lo hacen ineficiente. Como solución plantea la constitución de un proceso que se

apoya en laboratorios computacionales. La Dinámica de Sistemas es la metodología para el desarrollo de estos laboratorios.

Desde la propuesta de Forrester de asumir un estudio con Dinámica de Sistemas para diseñar mejoras organizacionales, en expresiones como: “La comprensión sucede primero pero la meta es mejorar” (Forrester, 1968), los desarrollos de la comunidad de Dinámica de Sistemas se concentran en el diseño y evaluación de estrategias de intervención en la organización para mejorar, entendiendo mejorar como cambiar un comportamiento indeseable detectado o frente al reto de gestión asumido para llevar la organización a un comportamiento deseable.

Buscando formalizar el papel de los micromundos como herramientas para el aprendizaje sistémico, Sterman (1989), presentó los micromundos como mundos virtuales, elementos fundamentales en un aprendizaje de segundo ciclo: Sterman caracterizó el proceso "natural" de aprendizaje como la constitución progresiva de una capacidad de juicio como resultado de experiencias de decisión y de acción en situaciones organizacionales. A su vez, esta capacidad de juicio actúa como orientadora de las decisiones y acciones en situaciones futuras. En consecuencia, el aprendizaje organizacional "natural" es un proceso cíclico (Sterman, 1989).

Figura 1. Aprendizaje organizacional "natural"



Fuente: Sterman, 1989.

En la figura 1, el ciclo interno representa un aprendizaje superficial, de ensayo y error alrededor de unos objetivos determinados: "El ciclo [interno] es un ciclo típico de realimentación negativa en donde quienes toman decisiones comparan información cualitativa y cuantitativa acerca del estado del mundo real frente a ciertos objetivos, perciben discrepancias entre el estado deseado y el actual, y toman acciones que (según ellos creen) provocarán que el mundo real se mueva hacia el estado deseado" (Sterman, 1989).

Sin embargo, esta visión del aprendizaje organizacional como un solo ciclo de realimentación es incompleta, por cuanto no presenta la manera como se va constituyendo y modificando la capacidad de juicio para decidir. Para Sterman, esta capacidad hace referencia a los modelos mentales (una de las cinco disciplinas de Senge). El concepto de modelo mental engloba todas aquellas nociones que un individuo puede tener sobre sus objetivos o intereses y sobre la red de causas y efectos de una situación. Es decir, el modelo mental se corresponde con una interpretación individual de una realidad particular. En condiciones naturales de aprendizaje, estos modelos mentales permanecen implícitos. El individuo no tiene consciencia de sus modelos mentales¹.

El esquema de aprendizaje organizacional se completa entonces con el ciclo externo de realimentación. Este contempla el reconocimiento explícito por parte de los miembros de la organización de los modelos mentales que condicionan su percepción y su acción. En la medida en que dicho reconocimiento se logre, se puede acceder a un aprendizaje profundo, un aprendizaje que modifique esos modelos mentales, esa

¹ El concepto de modelo mental puede generalizarse para un colectivo de personas. En tal caso, el modelo mental simbolizaría aquellas nociones compartidas por el colectivo acerca de los intereses y de la causalidad. Desde esta perspectiva, se fundamentan los trabajos de aprendizaje organizacional (Senge, 1992) orientando la construcción de una "visión compartida" como expresión de un modelo mental construido conscientemente de manera colectiva.

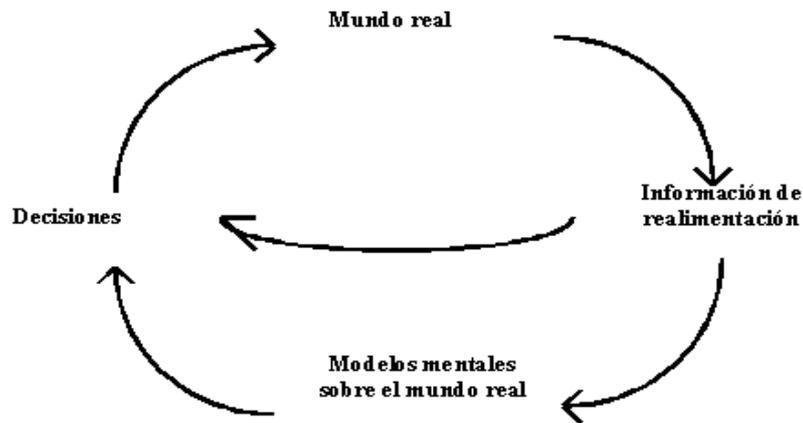
capacidad de juicio.

La naturaleza compleja de los fenómenos organizacionales y las limitaciones humanas naturales restringen este aprendizaje profundo de doble ciclo. Sterman menciona, entre otras, las siguientes barreras del aprendizaje organizacional: la complejidad dinámica de las organizaciones, la imposibilidad de obtener información perfecta sobre el estado del sistema, el uso de variables confusas y ambiguas en el proceso de decisión, las deficientes habilidades para el razonamiento científico, las fallas en la ejecución y las percepciones incorrectas de la realimentación. A esta apreciación sobre las dificultades para ver el mundo de manera dinámico-sistémica se le han denominado “Percepciones erradas de la realimentación” en Inglés “Missperception of feedback” y ha sido abordado por diferentes autores (Forrester(1980), Sterman (1989) y Moxnes (2000)).

En síntesis, el aprendizaje organizacional "natural" es un proceso de realimentación de ciclo doble que tiene a los modelos mentales como insumos y, a la vez, como productos principales y cuya eficiencia está limitada por ciertas condiciones inherentes a la realidad organizacional y a la naturaleza de la toma de decisiones.

Con el fin de superar o atenuar las limitaciones propias del proceso "natural" del aprendizaje organizacional, los investigadores dinámico-sistémicos, sugieren un proceso "diseñado". Este, como todo proceso de aprendizaje a la luz de la Dinámica de Sistemas, también está constituido por un ciclo doble de realimentación (Figura 2), pero que a diferencia del "natural" no sucede en la cotidianidad de la organización sino que ocurre en el laboratorio.

Figura 2. Aprendizaje organizacional "diseñado"



Fuente: Sterman, 1989.

Para hacer posible un proceso de aprendizaje organizacional en laboratorio, es necesario disponer de un modelo de la realidad organizacional sobre el cual se pueda experimentar. Es decir, de manera análoga al aprendizaje "natural" que sucede en la organización, el aprendizaje "diseñado" ocurre alrededor de un modelo de la organización, que se denomina micromundo o mundo virtual. Como se ilustra en la figura 2, el aprendizaje "diseñado" en la organización es semejante al "natural", lo que cambia es el objeto de aprendizaje y acción, ahora es un mundo virtual.

No cualquier modelo de la organización sirve como mundo virtual para el aprendizaje en laboratorio. Sobre el mundo virtual debe ser posible experimentar la toma de decisiones y, seguidamente, recibir información de realimentación sobre sus consecuencias. El mundo virtual debe ser entonces un modelo que simule el comportamiento dinámico de la organización ante diferentes alternativas de acción y bajo diferentes escenarios. Para tal fin, el modelo debe considerar los posibles efectos que las decisiones generan sobre algunos elementos de la organización y la consecuente reacción en cadena sobre la totalidad de este sistema. Un modelo en

Dinámica de Sistemas satisface los requerimientos planteados. Esto explica el porqué es una metodología adecuada para la creación del laboratorio para el aprendizaje "diseñado".

La propuesta de gestión organizacional con micromundos presentada por Senge y Sterman, puede ubicarse como un paradigma de gestión sistémica "perspectivista" (Andrade, et. Al. 2000), este carácter perspectivista subyace al enfoque de sistemas desde los planteamientos de Churchman en expresiones como "El enfoque de sistemas lo impulsa la noción de que cada visión del mundo (o perspectiva) es terriblemente restringida"². Con la interpretación de esta expresión se acuña un afán crítico en el Pensamiento Sistémico a partir del cual, se busca que el observador de un fenómeno se haga consciente de las limitaciones que presenta su observación sobre el fenómeno en estudio y las confronte con otras perspectivas posibles.

Otras acepciones de micromundo han sido aplicadas con propósitos educativos en el ciclo de formación básico, experiencias relacionadas son compiladas en el proyecto de Forrester K-12 y a nivel nacional se tiene la línea de desarrollo e investigación en Micromundos para el aprendizaje de la ciencias, liderada por el profesor Hugo Andrade (Andrade, 2004) en la Universidad Industrial de Santander.

A nivel local, el grupo de investigación en Pensamiento Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, ha realizado varias experiencias con micromundos para la gestión organizacional como: Micromundo Mercadefam (Cabrera et. al. , 2000) y para la gestión universitaria como Micromundo para la gestión de la Facultad de Ingeniería de Sistemas (Baez, 1998), Micromundo para la gestión de un postgrado (Peña, 1999 y Serrano, 2000), Micromundo para la gestión de la investigación

² Traducción libre de Churchman, C.W. The System Approach, Dell, N.Y. 1968, referenciada en Andrade Et. Al. Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de la Unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Colombia. 2001.

(Arevalo, 1999) y Herramientas sistémicas sobre TICs en la UNAB (Correa, 1999) y Micromundo para la gestión universitaria de Centrosistemas (Becerra, 1999).

2. REVISIÓN DE EXPERIENCIAS DOCUMENTADAS Y PROPUESTAS METODOLÓGICAS DE LA COMUNIDAD DINÁMICO-SISTÉMICA

La revisión sobre los lineamientos metodológicos para la construcción de micromundos siguió dos caminos: El primer camino se sigue, a partir de la revisión de reportes de carácter metodológico sobre experiencias con micromundos por parte de la comunidad de Dinámica de Sistemas, en particular, de los pioneros y principales promotores de los micromundos en la comunidad internacional de Dinámica de Sistemas. El segundo camino, es a partir de una construcción inductiva con la revisión de algunos micromundos típicos de la sociedad de Dinámica de Sistemas como People Express, EasyJet o B&B, del grupo de J. Serman.

2.1 REVISIÓN DE PROPUESTAS DE ARQUITECTURAS EN LA COMUNIDAD DINAMICO SISTEMICA

2.1.1. Arquitectura de Alessi. En la literatura sobre simulaciones de computador para soportar el aprendizaje, se encuentran propuestas de arquitecturas como la de Alessi, (Alessi, 1988, referenciada en Maier y Grobler, 2000) quien asume una arquitectura basada en cuatro componentes principales a saber:

1. Un modelo subyacente,
2. Una presentación,
3. Un ambiente para acciones del usuario y
4. Un ambiente para presentar los resultados de la realimentación del sistema.

2.1.2. Arquitectura de Maier y Grobler. A partir de la revisión de la estructura de Alessi y Maier y Grobler propusieron una adaptación para simuladores de computador con Dinámica de Sistemas (Maier y Grobler, 2000) e identificaron tres

elementos:

1. El modelo con Dinámica de sistemas,
2. La interface hombre-máquina que recoge las presentaciones, acciones del usuario y realimentación del sistema y
3. Las “funcionalidades” que reúnen las características de simulación que no son recogidas por el modelo ni por la interface, entre estas características se encuentran el acceso a materiales adicionales, la presentación explícita de la estructura dinámico-sistémica y el progreso del tiempo en la simulación.

A partir de esta organización de elementos, los mismos autores construyeron una tabla de criterios para categorizar las diferentes herramientas de simulación por computador, (ver tabla 1.0) donde un micromundo, como el Simulador de Vuelo Gerencial People Express presenta las siguientes características:

- Esta soportado en un modelo específico del área de los negocios hecho con Dinámica de sistemas por tanto comprende variables reales, continuas deterministas con una estructura orientada a la realimentación.
- La interface hombre-máquina asume como entradas las decisiones del usuario, las cuales pueden ser cambiadas durante la simulación en períodos discretos.
- Su funcionalidad esta orientada para que juegue una persona con una caja negra, por su propia cuenta o con un instructor que le vaya orientando.
- Permite el control del avance del tiempo de simulación.

Tabla 1. Características de los ambientes de simulación soportados en computador

Criterio	Características	Alternativas
Modelo subyacente	Dominio del mundo real	Negocios
		Otro
	Generalidad del modelo respecto al dominio	Área especial
		Dominio general
	Papel del modelo de simulación	Generación activa de decisiones
		Mecanismo aclarador para las decisiones del usuario
	Influencia de datos externos	Con influencia
		Sin influencia
	Progreso del tiempo en la máquina de simulación	Discreto
		Continuo
Dominio de las variables	Enteras	
	Reales	
Comportamiento	Determinístico	
	Estocástico	
Estructura	Orientada a la realimentación	
	Orientada al proceso	
Interfaz	Posibilidad de intervención mientras se simula	Periodos discretos
		Simulación en una corrida
	Modo de las entradas del usuario	Orientado a políticas
Orientado a decisiones		
Funcionalidad	Número de usuarios	Persona sola
		Muchas personas
	Grado de integración	Simulación suelta
		Integración en un ambiente computarizado
	Área principal de aplicación	Orientado al modelamiento
		Orientado al juego
	Soporte de profesor-facilitador-interlocutor	Aprendizaje totalmente auto controlado
		Soporte por el docente-facilitador-interlocutor
	Transparencia del modelo	Caja negra
Caja transparente		
Avances en el tiempo de simulación	Orientado por el reloj	
	Orientado por el usuario	

Fuente: Maier y Grobler, 2000.

Buscando caracterizar los diferentes ambientes relacionados con simulaciones en

computador para soportar procesos de aprendizaje, Maier y Grobler identificaron que “Los términos Laboratorio de aprendizaje y Ambiente de aprendizaje interactivo usualmente comprenden más que un simple modelo de simulación por computador. Uno o más modelos de simulación son embebidos en un ambiente de aprendizaje, el cual también incluye descripción de casos, presentaciones por un facilitador y herramientas de modelamiento”³ .

2.1.3. Características de los ambientes de aprendizaje de Morecroft y Sterman.

Los ambientes de aprendizaje basados en computador (Morecroft et. al, 1992) también pueden comprender información de antecedentes, materiales de recursos e instrucciones de trabajo integradas en una aplicación de computador. Los autores sugieren la siguiente serie de pasos para realizar una experiencia de aprendizaje basada en casos:

1. Presentación del caso a gestionar, su historia y estado actual
2. Presentación de metas
3. Presentación de variables de control
4. Reconocimiento de indicadores de desempeño del sistema
5. Presentación de estructura causal-cíclica
6. Presentación de escenarios
7. Expresión de comportamiento esperados de acuerdo con la lógica causal
8. Simulación
9. Análisis de resultados de simulación y comparación con el comportamiento esperado
10. Explicación de coherencia o incoherencia entre lo esperado y lo obtenido
11. Generación de conclusiones de relación estructura-comportamiento
12. Generalización del comportamiento a otros casos.

³ Traducción libre de la autora.

Frente a este guión de una experiencia de aprendizaje basada en simulación por computador, se pueden inferir características de un micromundo como:

- Debe presentar el caso y las metas a cumplir por el tomador de decisiones.
- Debe registrar los supuestos comportamientos esperados en el lenguaje de la lógica causal.
- Debe ofrecer una vista de la estructura causal-cíclica que soporta al modelo.
- Debe ofrecer un tablero de control para modificar las variables de entrada.
- Debe ofrecer información sobre los posibles escenarios.
- Debe ofrecer vistas de los resultados de la simulación que faciliten el análisis y comparación con los supuestos expresados por el tomador de decisiones.
- Debe registrar las conclusiones del tomador de decisiones y permitir que otros las puedan leer para motivar el proceso de aprendizaje.

2.1.4. Las plataformas de Dinámica de Sistemas para el aprendizaje y la estrategia. En la comunidad nacional, los micromundos son presentados por Isaac Dyner (Andrade, et. al, 2000), como “Plataformas de Dinámica de Sistemas para el aprendizaje y la estrategia organizacional” reconociendo el carácter complejo de los estudios organizacionales, la diversidad de variables cualitativas y cuantitativas en juego. De esta experiencia surgen aplicaciones comerciales para el sector energético como Enerbiz (Dyner, 2003).

2.1.5. Las interfaces de aprendizaje de Ritchie-Dunham. Ritchie-Dunham, en su propuesta metodológica *Managing from Clarity* (Ritchie-Dunham y Rabino, 2001), presenta una tipología para las interfaces de aprendizaje conformada por tableros de comandos, laboratorios de aprendizaje y ambientes de aprendizaje, los tres tipos pueden ser comparados con los simuladores de vuelo gerencial o micromundos con Dinámica de Sistemas, y van avanzando en su orden: de un aprendizaje dirigido hacía un aprendizaje auto-dirigido, de un grupo pequeño de usuarios expertos en el modelamiento y en el caso a simular, hacía un grupo masivo de usuarios desconocedores de la metodología de modelamiento y ajenos a la situación real

simulado. La tabla 2. presenta una traducción libre de la síntesis de la tipología presentada por este autor.

Tabla 2. Atributos de la tipología de Interfaces de Aprendizaje

Indicador de clasificación	Tablero de comandos	Laboratorio de aprendizaje	Ambiente de Aprendizaje
Nivel de aprendizaje interactivo	Interfaces de Simuladores de vuelo que presentan comportamientos claves y evalúan presupuestos sobre un principio de manera repetitiva.	Interfaces de simuladores de vuelo orientadas a generar discusiones alrededor de presupuestos claves entre ejecutivos conocedores del negocio, mediante la evaluación de hipótesis de acción.	Simuladores de vuelo orientados a facilitar el aprendizaje de las dinámicas que afectan recursos claves. Se orientan en comunicar las implicaciones no-intuitivas de las acciones aparentemente claras de diferentes usuarios. Se basan en el principio de aprender haciendo, seguido por un guión de juego de rol o pilotaje de una misión en un experiencia muy interactiva.
Beneficios	Excelente para practicantes hábiles en modelamiento y simulación. Herramientas muy flexibles.	Orientados a equipos de gestión conocedores de la situación a modelar. La conversación se centra en entender un objetivo de gestión y sus implicaciones de causalidad, realimentación y retardos en un contexto estratégico.	Muy poderosos para comunicar las dinámicas complejas a un amplio grupo de usuarios potenciales, como nuevos empleados con compromisos de toma de decisiones.
Limitaciones	No guía la interpretación de los resultados de la simulación. No se evidencia la relación entre acciones y resultados obtenidos.	Dan lugar a dudas sobre la cuantificación de las relaciones causa-efecto, requiriendo que los usuarios sean expertos en la medición de dichas relaciones.	Son más difíciles de construir, requieren un claro entendimiento del propósito de aprendizaje y de su incorporación como parte de la conceptualización del modelo y del diseño de la interface. Son menos flexibles.
Usuarios objetivo	Equipos de modelamiento	Ejecutivos y gerentes familiarizados con el negocio y las condiciones que lo afectan	Amplio rango de usuarios, dentro y fuera de la organización

Fuente: Ritchie-Dunham, 2000.

Leyendo esta tipología para el caso de estudio del presente proyecto en donde se pretende ofrecer una tecnología informática para los gestores organizacionales, debería revisarse con mayor detenimiento el tipo de interfaces de aprendizaje orientada a los laboratorios de aprendizaje y a los ambientes de aprendizaje.

2.1.5.1. Laboratorios de aprendizaje: Los laboratorios de aprendizaje son un nivel avanzado de tableros de comandos, agregando realimentación durante la simulación, de manera que el usuario pueda cambiar las estrategias asumidas para redireccionar el comportamiento de la organización durante la simulación. Esta opción exige un mayor diseño de parte del desarrollador, hacía la definición de los parámetros y salidas a proveer al usuario, así como las suposiciones claves a ser evaluadas con el modelo. En el diseño también debe evidenciarse la lógica causal presente en la situación caso de estudio y las políticas del negocio presentes a través de rangos de variación permitidos para los parámetros y de alertas durante la simulación.

2.1.5.2. Ambientes de aprendizaje: Amplían la experiencia de aprendizaje interactivo en la medida en que se pueden cambiar las suposiciones del negocio subyacentes en el modelo. Asume un carácter de juego de roles con una misión de gestión de una situación particular en diferentes escenarios y bajo alternativas de gestión diferentes. El propósito de aprendizaje debe ser diseñado previamente al modelo, ya que el modelo se convierte en instrumento y se subordina al propósito de aprendizaje.

2.1.6 Características de un micromundo para Panqueva y Mariño. Los autores Hernando Galviz Panqueva y Gloria Mariño (Galviz, Gómez y Mariño, 1998) sugieren una serie de características necesarias y deseables para un micromundo que se orienta por la definición de Seymour Papert, como herramienta de aprendizaje y construcción de mundos de representación de situaciones observadas en la realidad. Estas características se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Caracterización de un micromundo por Panqueva y Mariño.

Elemento	Tipo de elemento
Argumento e historia	Necesario
Variables Compensatorias	Necesario
Variables de Control	Necesario
Variables de Resultado	Necesario
Mundo / Escenarios	Necesario
Retos (Implícitos / explícitos)	Necesario
Personajes y Roles	Necesario
Objetos / Herramientas	Necesario
Zonas de Comunicación	Necesario
Mecanismos de Comunicación Usuario-Aplicación	Necesario
Ambientación / Caracterización	Necesario
Recuperación de estados anteriores	Deseable
Niveles de Dificultad	Deseable
Manejo de información del usuario	Deseable
Mecanismos para Análisis de desempeño	Deseable
Ampliación de las posibilidades del Micromundo	Deseable
Personalización del ambiente	Deseable
Soporte al trabajo en grupo	Deseable

Fuente: Galviz, Gómez y Mariño, 1998.

2.2 REVISION INDUCTIVA

A la fecha, se han creado cientos de micromundos en casos particulares, generando una sala particular para esta temática en las conferencias anuales de la Sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas, sin embargo se pueden distinguir algunos centros pioneros y líderes en el desarrollo de micromundos famosos como el Grupo

de Investigación en Dinámica de Sistemas el Instituto Tecnológico de Massachusetts con People Express, EasyJet; el grupo consultor Estrategic Dynamics con B&B; el grupo consultor de PowerSim, el grupo consultor de Vensim; el grupo de consultoría de High Performance Systems con Stella, Ithink y Microworld Creator, el grupo de investigación y desarrollo del London Business School; el grupo de la Universidad de Bergen; el grupo de la Universidad de Albany con el liderazgo de los Meadows en el desarrollo del juego Fishbank y el grupo Alemán de la Universidad de Mannheim. A nivel nacional se debe destacar el trabajo del Grupo SIMON de Investigaciones de la Universidad Industrial de Santander, con el desarrollo el software de modelamiento y simulación Evolución y los micromundos para el aprendizaje de las ciencias - MAC, los desarrollos de la Universidad Nacional, Sede Medellín con Enerbiz y los trabajos del Grupo de Investigación en Pensamiento Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga alrededor de micromundos para la gestión organizacional y para la estrategia.

A continuación se hará un ejercicio inductivo para caracterizar los lineamientos del diseño de micromundos en la comunidad de la Dinámica de sistemas orientada a la gestión organizacional, a partir de la descripción del popular micromundo People Express. La tabla 4. presenta la características evaluadas para este micromundo con la tipología de Maier y Grobler referenciada en la sección anterior de este capítulo.

Tabla 4. Clasificación del micromundo People Express con la tipología de Maier y Grobler.

Criterio	Características	Alternativas	Característica existente en los micromundos con Dinámica de Sistemas, caso People Express
Modelo subyacente	Dominio del mundo real	Negocios	X
		Otro	
	Generalidad del modelo respecto al dominio	Área especial	X
		Dominio general	
Papel del modelo de simulación	Generación activa de decisiones		

		Mecanismo aclarador para las decisiones del usuario	X
	Influencia de datos externos	Con influencia	
		Sin influencia	X
	Progreso del tiempo en la máquina de simulación	Discreto	
		Continuo	X
	Dominio de las variables	Enteras	
		Reales	X
	Comportamiento	determinístico	X
		Estocástico	
	Estructura	Orientada a la realimentación	X
		Orientada al proceso	
Interfaces	Posibilidad de intervención mientras se simula	Periodos discretos	X
		Simulación en una corrida	
	Modo de las entradas del usuario	Orientado a políticas	
		Orientado a decisiones	X
Funcionalidad	Número de usuarios	Persona sola	X
		Muchas personas	
	Grado de integración	Simulación suelta	
		Integración en un ambiente computarizado	X
	Área principal de aplicación	Orientado al modelamiento	
		Orientado al juego	X
	Soporte de profesor-facilitador-interlocutor	Aprendizaje totalmente autocontrolado	
		Soporte por el docente-facilitador	X
	Transparencia del modelo	Caja negra	X
		Caja transparente	
Avances en el tiempo de simulación	Orientado por el reloj		
	Orientado por el usuario	X	

Fuente Maier y Globler, 2000.

En la revisión de People Express como ejemplo típico de micromundo para la gestión organizacional con Dinámica de Sistemas y en la integración de las características encontradas en las tipologías encontradas en la literatura se propone la siguiente

síntesis de componentes:

2.2.1. Un modelo Dinámico-sistémico. Un modelo en Dinámica de sistemas que presenta las características de desarrollo del modelamiento con realimentación, reconocimiento de retardos y no linealidades.

2.2.2. Un motor de simulación. Un motor de simulación soportado por un paquete comercial o desarrollado como software propietario.

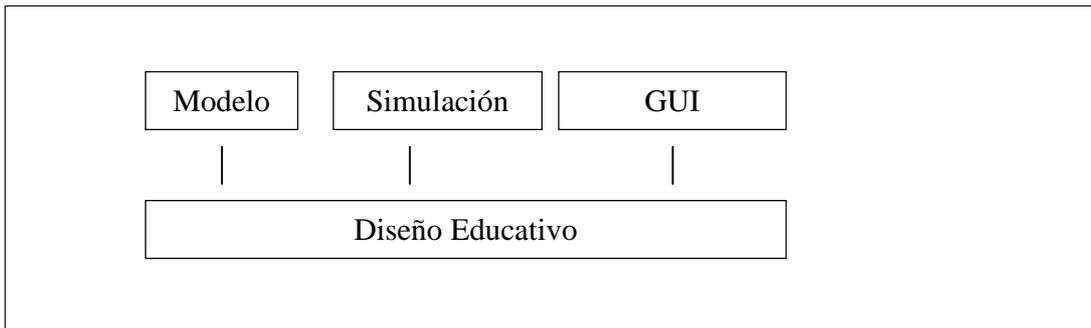
2.2.3. Una interface de usuario gráfica. La interface a su vez puede estar comprendida por: Una introducción al juego, con la presentación de antecedentes de la situación a gestionar, reglas de juego y orientaciones sobre Dinámica de Sistemas. Una presentación del rol a asumir en el juego, de las metas a alcanzar. Una ventana de captura de valores para los parámetros bajo control del jugador. Una ventana de presentación de resultados de la simulación en forma de trayectorias gráficas y de vectores de datos de los indicadores del sistema en cada instante de tiempo. Una animación de la situación a gestionar. Un diseño educativo que orienta el uso del micromundo, las entradas y salidas de la interface y el seguimiento de aprendizaje del usuario.

2.2.4. Un diseño educativo. A estos elementos programables en el ambiente virtual, debe agregarse un componente de diseño educativo, conformado por una intención educativa traducida en un guión que orienta al facilitador u operador del micromundo en la reflexión dinámico-sistémica de las consecuencias sobre las decisiones tomadas y en la confrontación de los modelos mentales subyacentes en dichas decisiones a partir de la gestión del equilibrio entre demanda y capacidad interna para atenderla, propia del arquetipo Crecimiento y Subinversión (Senge, 1992) para modelar la gestión del mercado de una industria o empresa de bienes y servicios.

La figura 3. presenta un bosquejo de una arquitectura propuesta, donde el Diseño

educativo juega un papel fundamental al llevar el propósito del micromundo en cuanto a que experiencia de aprendizaje motivar y determina las variables del modelo, los parámetros de simulación y la interacción con el usuario.

Figura 3. Arquitectura básica propuesta para un Micromundo con Dinámica de Sistemas.



En cuanto a la caracterización del diseño educativo, se debe revisar el propósito con el cual es construido y utilizado el micromundo. Los micromundos asumen diferentes propósitos en su evolución, inicialmente son diseñados para el “aprendizaje basado en casos” en la formación de gestores (Morecroft, et. al, 1992); desde las perspectivas orientadas a la educación de gestores, se presentan para apoyar el “aprendizaje basado en modelamiento” (Davidsen, et. Al. 2001) y en el caso colombiano, se presentan como “plataformas para el aprendizaje de estrategias” (Andrade, et.al.) 2000).

3. REVISIÓN DE PROPUESTAS METODOLÓGICAS A PARTIR DE CASOS RELACIONADOS CON LA UNIVERSIDAD

3.1 EXPERIENCIAS DE LA SOCIEDAD DE DINÁMICA DE SISTEMAS CON EDUCACION SUPERIOR

La sociedad Internacional de Dinámica de Sistemas, ha producido un número de artículos recopilados por Michael Kennedy (2002) referenciando modelos relacionados con Educación Superior, sobre tópicos como: Gobierno Corporativo (Saeed (1996), Saeed (1998), Kennedy and Clare (1999), Watson (2000)); Planeación, Recursos y Procesos (Galbraith(1982), Galbraith and Carss (1989), Bell et al (2000), Frances (1995,2000), Galbraith (1989,1998a, 998b, 1998c), Barlas and Diker (1996, 2000), Kennedy and Clare (1999), Kennedy and Clare (1999), Kennedy and Clare (1999); Calidad de la enseñanza (Kennedy (1998a), Kennedy (1998b)); Prácticas de enseñanza (Frances (2000) , Roberts (1978), Saeed (1990), Saeed (1993), Saeed (1997), Frances (2000)), y Demanda de admisiones (Frances et al (1994), Frances (2000), Frances et al (1994), Frances (2000)) bajo cinco jerarquías organizacionales a saber: La nación, la región, la universidad, la facultad y el departamento o programa.

De los trabajos divulgados en la Sociedad Internacional de la Dinámica de Sistemas, se pueden referenciar dos trabajos como Micromundos para la Gestión Universitaria: El trabajo de la Universidad de Bogacicci, (Barlas y Diker, 1996, 2000) y el trabajo de la Universidad de Albany, dirigido por Richmond y realizado como trabajo doctoral por Szelest (Szelest, 2000).

A nivel local se registran dos trabajos sobre Micromundos y Universidad: Uno para

apoyar el diseño y la gestión de un programa de postgrado () y otro para apoyar la gestión de la investigación (Arevalo, 1999) y para apoyar la gestión de un programa de pregrado (Baez et al, 1998).

Aunque no ha sido elaborado con Dinámica de Sistemas, debe considerarse la aplicación VirtualU, desarrollada en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT.

3.2 DOCUMENTACION SOBRE GESTION UNIVERSITARIA CON DINÁMICA DE SISTEMAS

3.2.1 Síntesis de Michael Kennedy. De la compilación de Kennedy⁴, se pueden resaltar algunos supuestos que orientan el papel que pueden jugar los micromundos en la gestión universitaria:

1. El impacto de varias intervenciones y estrategias externas adoptadas por las instituciones para manejar y controlar factores ha hecho problemático evaluar y observar el impacto de los sistemas como un todo. La mirada fragmentada de la organización que orienta la gestión hacía unidades independientes entre sí o hacía factores de gestión que no intercambian información con otros, hace perder la perspectiva integradora. Con la construcción de un modelo de Dinámica de Sistemas que integre las principales variables en una estructura de realimentación podría atenderse el problema de la fragmentación.

2. Para orientar la toma de decisiones se han utilizado modelos lineales y hojas de cálculo. Se ha concluido que estos enfoques de modelamiento y

⁴ Kennedy, 2002. págs. Traducción libre de la autora.

simulación esencialmente estático son inadecuados para este dominio de aplicación, ya que las universidades son sistemas dinámicos, complejos y no-lineales. El modelamiento que soporte un micromundo de una universidad debe reflejar las complejidades de la gestión de la misma, a partir de la representación de la organización como un todo, que desde la Dinámica de Sistemas, implica ver la estructura de interrelaciones presentes entre las variables principales de gestión. Así el micromundo debe ofrecer una vista de las dinámicas de ciclo cerrado que motivan los comportamientos observados y que direccionan la organización hacia los comportamientos esperados.

3. Los gestores de la Instituciones Educativas deben orientar decisiones para encontrar formas de usar los recursos de la Institución para generar más recursos y asegurar estándares académicos. Con estos propósitos pueden diseñarse varias metas o retos de gestión que orienten un proceso de toma de decisiones apoyado con un micromundo, como la generación de más ingresos para la universidad a partir de la inversión de las matrículas en mercadeo o en el aseguramiento de estándares académicos como titulación efectiva, producción intelectual y extensión.

4. La Educación superior se ve presionada a modernizarse, adaptarse, diversificar y mercadear, en síntesis, los gestores universitarios se ven presionados a ser más competitivos, más eficientes y más efectivos, orientados al servicio y a su calidad certificada ganando relevancia social por la calidad de sus procesos y productos. Esto implica que un modelo de la universidad debería comprender relaciones de mercado, como la captura de estudiantes y el reconocimiento de la competencia.

3.2.2 El caso Unigame, de Barlas y Diker. Esta aplicación de Dinámica de Sistemas a la gestión Universitaria se concentra en la construcción de un modelo para gestionar la oferta de profesores y servicios de investigación y extensión, teniendo en

cuenta que el ingreso de estudiantes es masivo y que la demanda de cupos es muy alta, por tanto la gestión se concentra en el fortalecimiento de la capacidad interna para atender la excesiva demanda, sin preocuparse por la competitividad en el mercado.

3.2.3 Virtual U. Esta aplicación permite entrenarse en la gestión de una universidad, con una aplicación estilo caja negra, con una interface llamativa y un modelo exhaustivo de indicadores de gestión como estudiantes, profesores, recursos financieros, recursos físicos y políticas de admisión así como un juego de escenarios de posibles objetivos para orientar la gestión hacia altos niveles de investigación, buen rendimiento deportivo o la consecución de donaciones.

3.2.4 Experiencias locales. En los proyectos de grado trabajados al interior del grupo de investigación en Pensamiento Sistémico de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se han encontrado modelos soportados en la dinámica poblacional de los estudiantes, motores de simulación soportados por herramientas comerciales de uso general como PowerSim e Interfaces que integran aplicaciones como VisualBasic para el manejo de bases de datos y para la animación.

3.3 UNA PROPUESTA DE GESTIÓN TRASCENDENTE DE LA UNIVERSIDAD

Durante el desarrollo de la investigación, se presentaron diversas inquietudes en torno al carácter sistémico de los micromundos, generándose la pregunta por el aporte que podría hacer el pensamiento sistémico y en particular, la Dinámica de Sistemas a la gestión universitaria.

Desde la clasificación de las metodologías sistémicas dada por Andrade et. Al. (2000) en la Geomorfología del Pensamiento Sistémico, se ubica la Dinámica de Sistemas en la primera ola, de carácter cibernético, orientando el modelamiento y la simulación

para el control y la intervención de procesos; en una revisión de la segunda ola, de carácter de perspectiva, se ubica la Dinámica de sistemas como lenguaje y plataforma para hacer explícitos y confrontar las diferentes perspectivas que se pueden dar sobre un fenómeno; en esta ola se ubica la Dinámica de Sistemas con los planteamientos de Senge y la presentación de los modelos mentales y el aprendizaje implícito en el diseño y uso de micromundos. La tercera ola, la trascendente indagadora por el sentido holístico de los fenómenos, no presenta alguna modalidad de la Dinámica de Sistemas. Con esta investigación surgieron las primeras luces sobre una modalidad de Dinámica de Sistemas que responda al afán trascendente del Pensamiento Sistémico, que la autora viene bautizando con el nombre de Dinámica de Sistemas “Crítica”, la cual permitiría revelar los fines organizacionales ocultos tras el modelamiento y facilitaría el diálogo entre los tomadores de decisiones sobre dichos fines, ganando conciencia sistémica de su gestión o en otras palabras, haciendo “Gestión trascendente” de su organización. A continuación se empieza a argumentar esta propuesta:

Para atender procesos de evaluación, mejoramiento continuo y gestión dinámica se presenta la Dinámica de Sistemas, como metodología por excelencia para el modelamiento de fenómenos relacionados con toma de decisiones, políticas, estrategia y mejoramiento continuo, basada en un lenguaje de lógica causal que orienta la representación del mundo en un ciclo de aprendizaje.

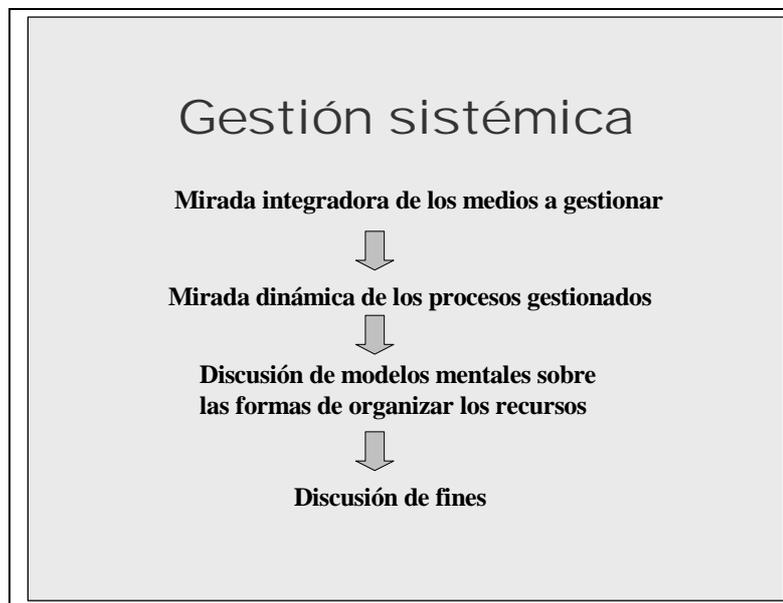
En el marco de una gestión estratégica, podría entonces, verse con DS la trama de dinámicas e interrelaciones que permiten una gestión para el mejoramiento continuo, es decir, una gestión para acercarse al cumplimiento de un estado ideal, advirtiéndolo su nivel de acercamiento y alertando ante su nivel de alejamiento, pareciera que la metáfora del termostato, metáfora predilecta del enfoque de control y concepto fundamental de la DS, podría participar en la empresa de apoyar la gestión dinámica de la Universidad para acercarse a su misión. Es decir, dada una meta, podría evaluarse un conjunto de alternativas que permitieran cumplir dicha meta en el

tiempo. En este tipo de gestión podría tener prioridad la evaluación de diferentes configuraciones de recursos, buscando la configuración más eficiente.

Ramses Fuenmayor (Fuenmayor, 2001), en su propuesta por un estudio sistémico de las organizaciones, reconocedor de la variedad interpretativa presente en los fenómenos organizacionales, plantea que los estudios organizacionales se pueden presentar desde dos ópticas: la Mecanicista y la Sistémica. La primera, abordando un fin único e incuestionable, donde la gestión de la organización se concentra en buscar estrategias para ordenar los medios de cumplimiento de un fin dado, para ordenar los recursos de manera racional para tal fin, campo en donde la Dinámica de Sistemas se ubica por excelencia como tecnología de información para apoyar la toma de decisiones y la evaluación de políticas. Y la segunda, abordando la variedad interpretativa presente en la organización, donde la gestión de la organización se debería concentrar en develar los diferentes fines que puede estar persiguiendo la organización y en buscar coherencia entre los fines identificados y las políticas y estrategias asumidas. A esta segunda manera de gestión organizacional desea apuntar la investigación presentada, siguiendo el camino de la Dinámica de Sistemas en ambientes de aprendizaje, identificando los fines que la organización puede llegar a perseguir y evaluando la coherencia de las decisiones que se toman en procura del cumplimiento de estos fines.

Una gestión de este tipo, implica un cuarto nivel de comprensión de la organización, como se muestra en la Figura 4, trascendiendo la organización eficiente de los recursos, la mirada integradora de los medios, la mirada dinámica de los procesos y la discusión de los modelos mentales de los participantes en dicha gestión, trascendiendo hacia el reconocimiento de los fines últimos hacia los cuales puede orientarse el deber ser la organización y la coherencia de las decisiones que se toman para organizar los recursos frente a este deber ser.

Figura 4. Tipos de gestión organizacional propuestos.



Esta concepción de gestión sistémica, asume que el deber ser organizacional se ve reflejado cotidianamente en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos⁵, en los indicadores privilegiados en estos procesos de toma de decisiones. Entonces podrían tener un espacio de encuentro los fines de la organización y los indicadores que soportan la toma de decisiones buscando coherencia y a través del lenguaje de los indicadores empezar un diálogo de fines organizacionales.

Pero ante un nuevo marco de gestión, que vela por la racionalidad de los medios en relación con los fines, es decir, que se pregunta por la coherencia de los medios utilizados para alcanzar unos fines reconocidos, surgen varias preguntas, entre ellas: ¿Cómo se reconocen y hacer explícitos los posibles fines frente a los cuales evaluar la coherencia de los medios utilizados?, ¿Cómo evaluar la gestión organizacional en

⁵ La autora interpreta una concepción cercana en las palabras de Juan Mendiola, quien relaciona las decisiones cotidianas como evidencias del deber ser de la universidad, en *Pensando la Universidad*. Editorial Panapo, Venezuela, 2001.

términos de esta racionalidad?, Para el caso en estudio, ¿Cómo hacer evidentes los fines en la gestión de la Universidad?, Cómo serían las herramientas tecnológicas que soporten una gestión que persiga la racionalidad planteada?.

Indagar por este camino, permitiría a la organización y en particular a la Universidad como caso de estudio, evaluar este segundo tipo de gestión y poner en discusión los propósitos que ante la búsqueda de alternativas operacionalizables, a las que invitan las propuestas de medición y control, se asumen como dados, incuestionables y apropiados y muchas veces inadvertidos por muchos miembros de la organización.

Para generar la discusión de fines, se hace necesario reflexionar con el grupo gestor y hacer explícito, a través de valores en los indicadores representados en el modelo construido, un ideal de Universidad que en contraste, responda a fines alternativos a los propuestos en el diseño del micromundo. En la revisión bibliográfica realizada hasta el momento se han encontrado versiones formales de ideales de Universidad como las planteadas en el estudio sistémico-interpretativo de la Universidad de los Andes de Mérida⁶: Universidad tecnológica, Universidad paidética, Universidad investigadora. Con el modelamiento y la simulación, se pretende reflejar la diversidad de ideales de universidad, y por tanto, la diversidad de fines en dos capas: a nivel de los valores de los parámetros del modelo actual, mediante el diseño de escenarios y a nivel de la estructura del modelo, modificando sus variables y sus relaciones, mediante el diseño de estructuras de realimentación que conduzcan a los fines dados.

⁶ Estudio realizado por el grupo de investigaciones en Sistemología Interpretativa de la Universidad de los Andes, en Mérida, Venezuela y presentado en System Practice, Kluwer Academic/Prenum Publishers, No. 4, 1991.

4. MICROMUNDO CASO DE ESTUDIO

El desarrollo del caso de estudio, presentó dos fases de diseño e implementación, en la primera fase, se buscó representar los principales indicadores numéricos del proceso de acreditación de programas de educación superior propuesto por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA, 1996) en los factores: estudiantes, profesores y recursos financieros. En este prototipo se hizo énfasis en el modelo y en la simulación. En la segunda fase se mejoró el modelo y las interfaces de usuario y se concentró la mayor atención el diseño educativo orientado a una experiencia de Aprendizaje Organizacional que permitiera una vivencia de gestión universitaria trascendente, como la propuesta en el capítulo tres.

4.1 PROTOTIPO UNO

Este primer micromundo se presenta con detalle en (Arguello y Gélvez, 2002). El micromundo está orientado a diseñar una estrategia de mantenimiento de la población estudiantil a partir de la estructura de ciclo cerrado conformada por la población estudiantil que se genera a partir de los estudiantes inscritos en el programa de facultad que pasan a ser matriculados en primer semestre e incrementan la población de estudiantes activos, una población alta de estudiantes activos en el programa genera una imagen atractiva para la población aspirante y motiva la inscripción de nuevos estudiantes en este programa, causando un mayor número de bachilleres aspirantes al programa, que a su vez incrementa el número de admitidos y matriculados en primer semestre que incrementa la población de estudiantes activos.

También se modelan dos ciclos reguladores de la población estudiantil como los generados por los estudiantes desertores con la población de estudiantes activos y por los egresados con la población de estudiantes activos.

Desde la gestión de los recursos financieros se presentan tres ciclos: uno conformado por los recursos financieros utilizados para la contratación de profesores dedicados a la docencia lo cual lleva a que haya más profesores en docencia, pero devuelve un efecto regulador de los recursos ya que a estos docentes se les debe pagar su nómina. El segundo ciclo se encuentra dado por la relación establecida entre los recursos financieros que posibilitan nuevos contratos y estos, más profesores en investigación, permitiendo que se realicen más proyectos de investigación, generando ingresos por patrocinio externo a la investigación e incrementando los recursos financieros.

Un tercer ciclo muestra que a más recursos financieros se puede hacer nuevos contratos de docentes dedicados a extensión con los cuales se realizan más consultorías, permitiendo que se generen más ingresos de recurso financiero. Los tres ciclos de realimentación relacionados con los recursos financieros, conducen a tomar decisiones respecto de la distribución de recursos en la contratación de personal docente de acuerdo con su perfil de cátedra, investigación o extensión. La figura 5. presenta el diagrama causal del modelo subyacente.

La interface de este primer micromundo se orientó a ofrecer al tomador de decisiones, en este caso, El decano de la Facultad, en un tablero de control, donde se podían cambiar los parámetros como valor de la matrícula, cantidad de grupos por profesor, cantidad de estudiantes por grupos, número de profesores a contratar, salarios de los profesores, tasa de renuncia y tasa de contratación de profesores en las tres diferentes funciones: docencia, investigación y extensión; y visualizar las dinámicas de indicadores como recursos financieros, estudiantes, profesores activos (profesores, extensión e investigación), egresados, desertores. La figura 6. presenta esta interface.

Figura 5. Diagrama causal del Micromundo Versión 1.0

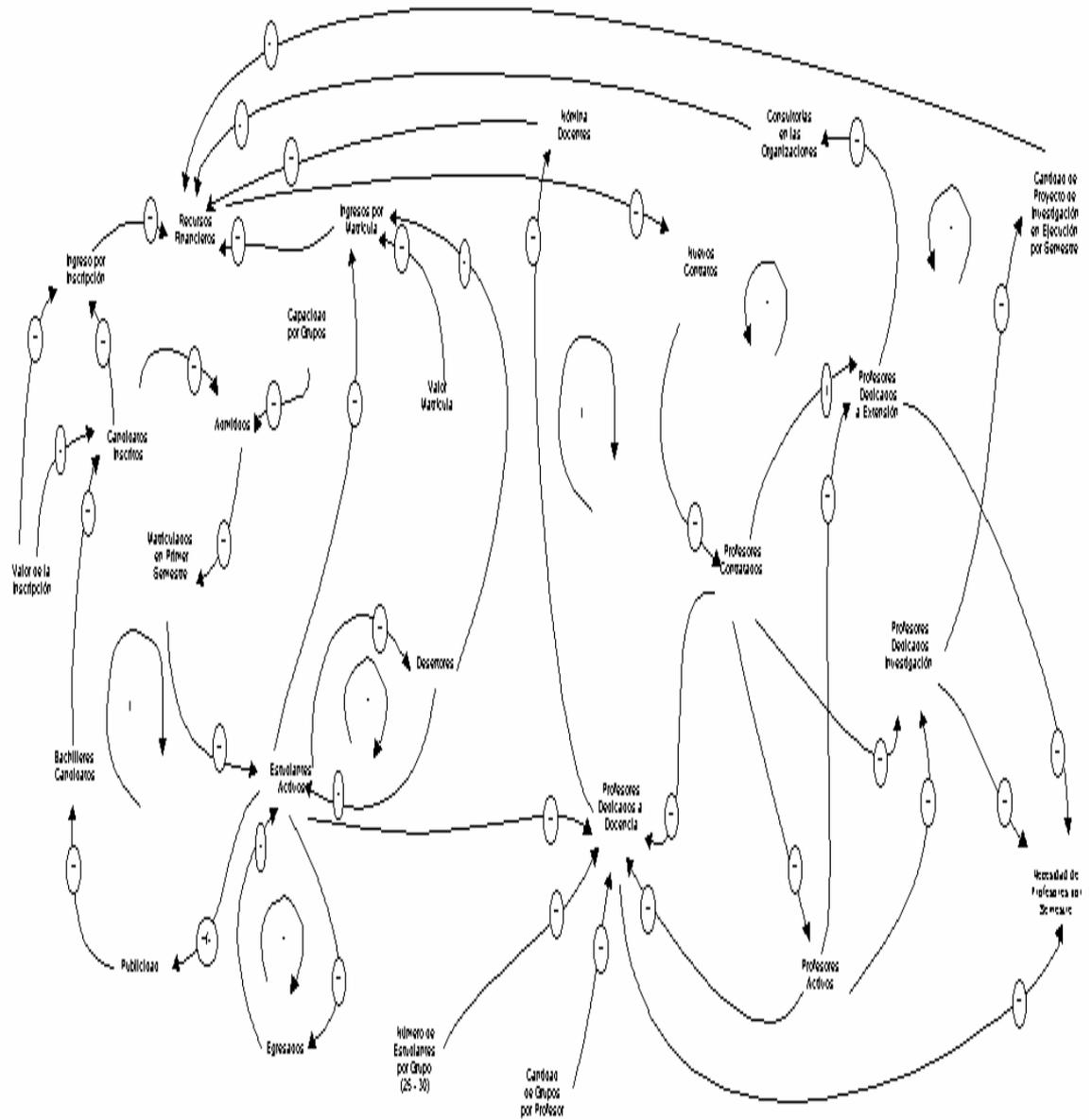
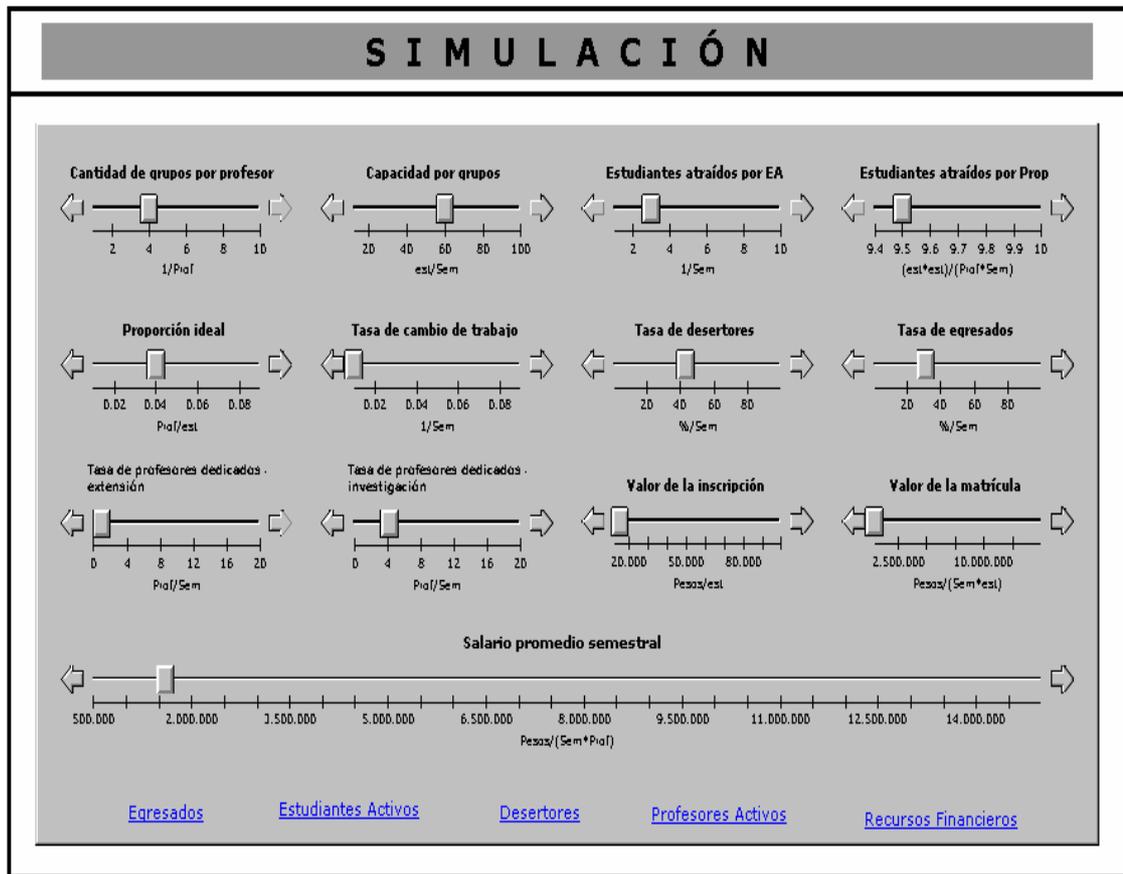


Figura 6. Interface del Micromundo versión 1.0.



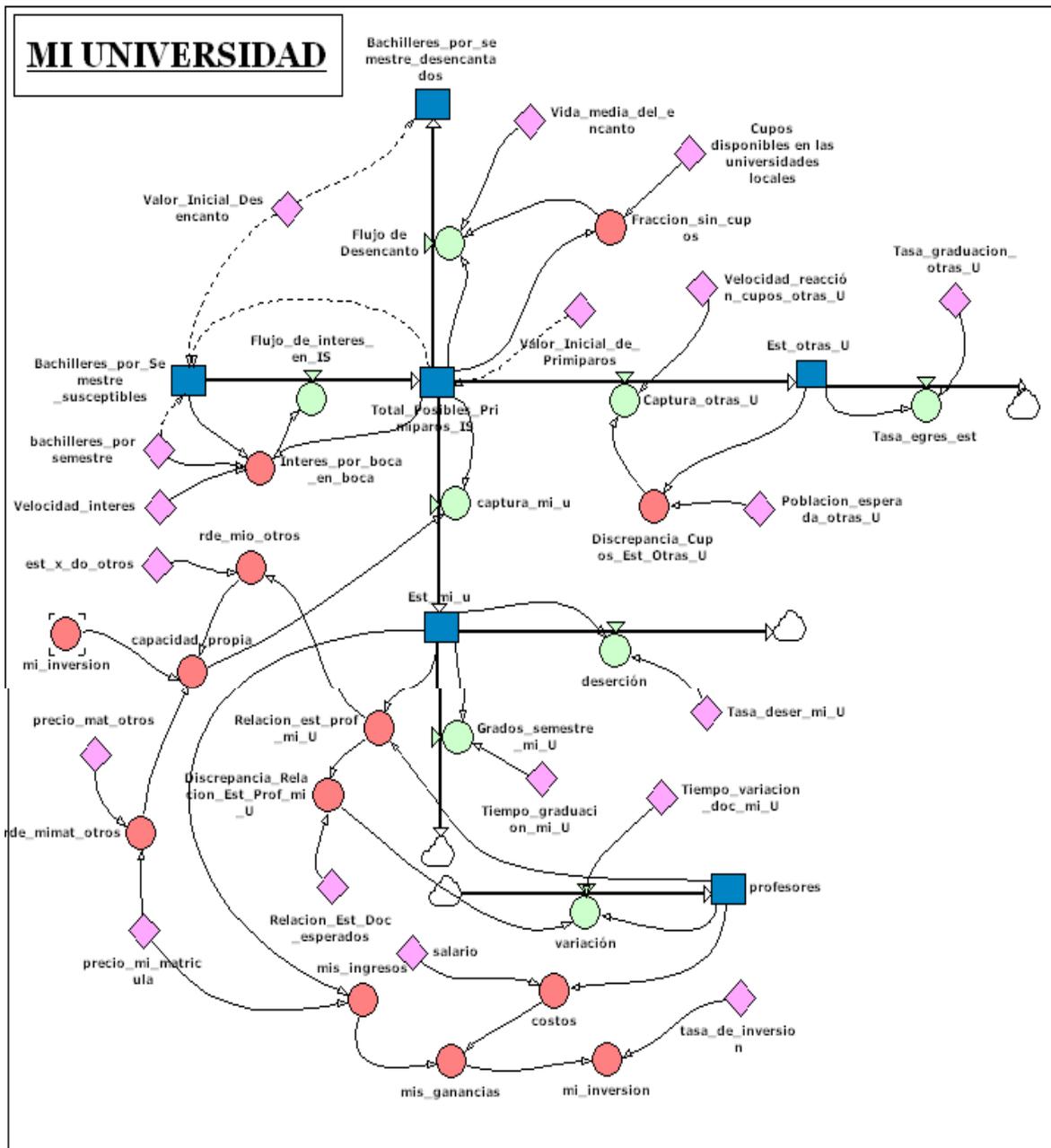
4.2 PROTOTIPO DOS

El micromundo de la segunda versión amplía el modelo de la versión anterior y comprende una revisión de las experiencias recogidas durante la investigación con diferentes versiones de micromundos de apoyo a la gestión, donde la gestión sobre el medio competitivo en donde se encuentra la organización es un factor estratégico (People Express, B&B e EasyJet), con versiones adaptadas del modelo de Bass (Stermán, 2000). Este modelo genérico sugiere el reconocimiento del mercado y de

los competidores al producto o servicio que la organización en estudio ofrece y reconoce una curva de difusión de productos o servicios motivada por dos aspectos a tener en cuenta: el primero es por difusión boca a boca, o estrategia de publicidad y mercadeo personalizada y reforzada por el good will de la organización y el segundo es por retiro voluntario de los posibles clientes ante ofertas suplementarias u otras condiciones del mercado (en el caso de la Universidad privada, estos dos aspectos determinan la capacidad de atracción de estudiantes por parte de la organización y el reconocimiento de otros competidores en el medio). La estructura del modelo subyacente considera la gestión de recursos internos de la Universidad como planta física, personal y equipamiento que le garantice a la Institución una capacidad para atender la demanda o la población estudiantil esperada; de otra parte como organización suscrita en un mercado de bachilleres posibles usuarios de sus servicios educativos, la estructura de modelamiento comprende una representación del mercado, que le permite medir su mercado objetivo y reconocer la competencia presente (otras universidades, otros programas de formación suplementarios y/o otros factores que capturan población candidata del programa en gestión) que también genera estrategias para garantizar una capacidad adecuada para atender el sector del mercado deseado; en esta visión de gestión en el mercado.

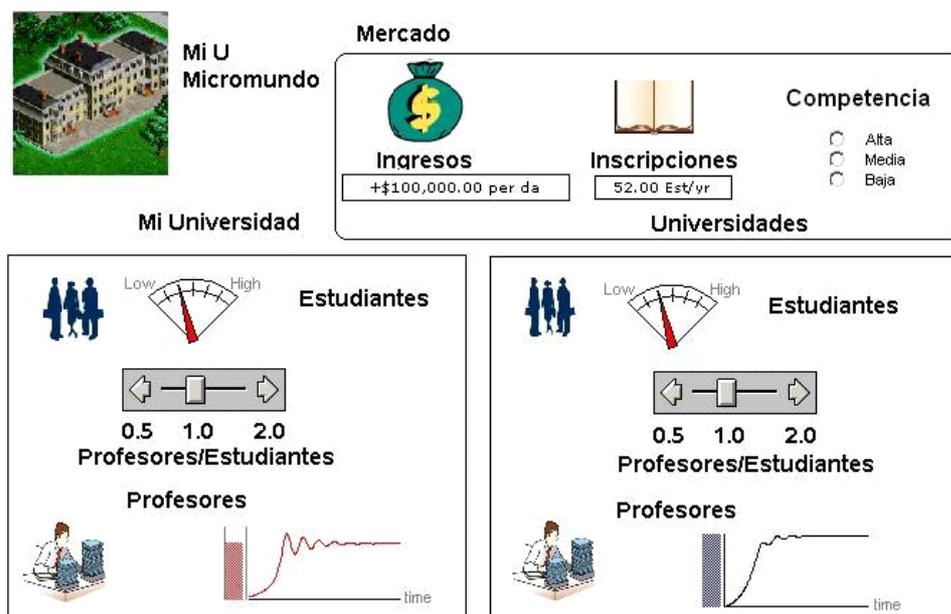
Para el caso de la Universidad privada colombiana y, en particular la UNAB como caso de estudio, se encuentra que el momento de la curva de aprendizaje para el mercado de la Ingeniería de Sistemas, puede encontrarse en la zona derecha, entre el sector de auge y el sector de decadencia, esto debido al surgimiento durante la última década de programas con títulos y áreas de estudio similares, verbo y gracia, Ingeniería mecatrónica, telemática e informática. La figura 7. presenta el diagrama de niveles y flujos.

Figura 7. Diagrama de Niveles y Flujos, Micromundo versión 2.0.



En la segunda versión, también se mejora la interface orientándola a un ambiente gráfico, como lo presenta la figura 8. Esta interface busca explotar las ventajas tecnológicas que ofrece PowerSim para diseñar micromundos.

Figura 8. Interface del Micromundo versión 2.0.



4.3 PROTOTIPO TRES

En un proceso de reingeniería de la interface, se desarrolló la tercera versión del Micromundo mi Universidad, mejorando la presentación inicial de la meta a cumplir, las vistas de los modelos causales ordenadas por estructuras dinámicas y la confrontación de supuestos previos y posteriores a la toma de decisiones como soporte de un proceso de aprendizaje. Estas últimas funcionalidades se diseñaron con el propósito de explorar el Diseño educativo como componente fundamental de la propuesta de lineamientos metodológicos adelantada en el desarrollo de esta tesis. Para el caso del prototipo se realizó un diseño educativo orientado a facilitar un proceso de aprendizaje organizacional. La figura 9. presenta la pantalla de presentación. Las figuras 10 y 11 presentan algunas vistas de la interface de esta versión.

Figura 9. Presentación inicial del micromundo U3.

MICROMUNDO "MI UNIVERSIDAD"

Este es el Micromundo " Mi Universidad", con el usted puede interactuar por medio de una interfaz gráfica de usuario construida en Powersim, en donde podrá tomar decisiones para encontrar estrategias de profesores, estudiantes, mercado, indicadores económicos y de calidad, con el propósito de cumplir la meta.

Su meta como gestor del programa es estabilizar la población de estudiantes alrededor de 200 en 5 años.

Por medio de barras de desplazamiento y cajas de selección usted podrá proponer alternativas de solución, diseñando posibles estrategias que permitan gestionar la Facultad de Ingeniería de Sistemas.

El propósito de este Micromundo es generar Aprendizaje Organizacional, por eso se implementaron algunas actividades propias de este tipo de aprendizaje. Entre ellas encontramos la posibilidad de seleccionar supuestos o modelos mentales, trabajo en equipo, discusiones de los modelos mentales buscando construir una visión compartida y evaluación de las decisiones por medio de la simulación, viendo resultados inmediatos.

Además de tomar decisiones sobre indicadores, usted podrá hacer comentarios, dar opiniones y seleccionar el comportamiento esperado de las variables más importantes y después de simular las decisiones, podrá comparar los resultados obtenidos con los resultados esperados, esto con el fin de mirar tan acertadas son las decisiones en comparación con los resultados obtenidos.

Usted podrá guardar sus opiniones, gráficas, decisiones y simulaciones para que otros usuarios puedan verlas, comparar sus supuestos con los de ellos y dar alguna recomendación.

Antes de empezar a jugar, recuerde resetear los datos, para que la herramienta le permita tomar decisiones, para ello haga click en el icono  , situado en la parte superior derecha. Para empezar a jugar, haga click en el Link "Menú"

[Menú](#)

La presentación de las estructuras dinámicas se cumplió como requisito de un micromundo en esta versión tal como lo presenta la figura 12.

Figura 10. Presentación de resultados en U3

Micromundo "Mi Universidad" U3

Mi Programa



Estudiantes



Profesores



Calidad



Indicadores Económicos



El mercado



Otros programas

[Diagrama de Forrester](#)

[Diagrama Causal](#)

[Resultados](#)

[Explicación](#)

Figura 11. Presentación de decisiones relacionadas con el profesorado en U3.



DECISIONES SOBRE PROFESORES

Menú

Aquí usted podrá tomar decisiones sobre las variables de profesores. Dando valores a la tasa de profesores dedicados a extensión, que son aquellos que hacen el papel de maestros y dictan clases en las aulas. También podrá diseñar estrategias sobre la tasa de profesores dedicados a investigación, que son aquellos que no dictan clase, si no los que trabajan en un proyecto o investigación para la facultad, otra variables es la tasa de formación y es el porcentaje de profesores que se están capacitando para adquirir más conocimiento y después poder compartirlos con sus alumnos.

La tasa de cambio de trabajo es el porcentaje de rotación o cambio de profesores por semestre.

MODULOS

[Estudiantes](#)

[Profesores](#)

[Económico](#)

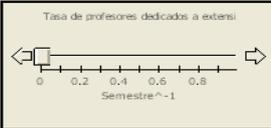
[Calidad](#)

[Mercado](#)

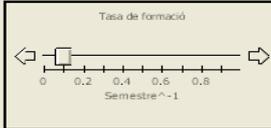
[Otros programas](#)

[Resultados](#)

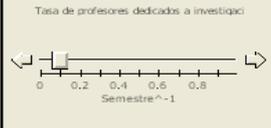
Tasa de profesores dedicados a extensi



Tasa de formación



Tasa de profesores dedicados a investigaci



Tasa de cambio de traba

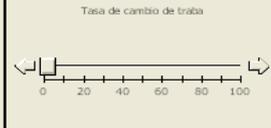


Figura 12. Presentación de las estructuras dinámico-sistémicas en el Micromundo Mi Universidad

DINAMICA DE ESTUDIANTES



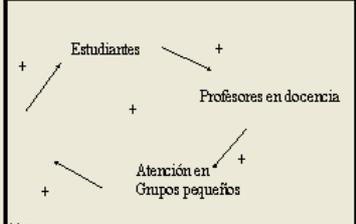
Volver

Dinámica de profesores

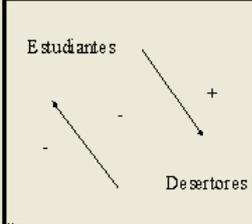
Diagrama Causal General

Menú

Estudiantes



Estudiantes



Estudiantes



Estudiantes



40

4.4 VALIDACIÓN DEL MODELO SUBYACENTE AL MICROMUNDO MI UNIVERSIDAD

La validación del modelo que soporta la aplicación resultante se presenta en varias facetas:

En primer lugar, se debe validar la pertinencia del modelo para representar la gestión de la Universidad. Esta validación parte del propósito de representación de las variables cuantitativas de modelo CNA para evaluar y acreditar programas universitarios. El modelo asume la representación de los factores estudiantes, profesores y recursos financieros. El factor estudiantes se modela en sus características de tipo numérico como Estudiantes admitidos por semestre, estudiantes activos, tasas de deserción, tasa de titulación y tiempo de graduación. El factor profesores se representa en las características número de profesores, porcentaje de dedicación a la docencia, a la investigación y a la extensión, tasa de permanencia y salario promedio. El factor recursos financieros se representa en los ingresos por matrículas y en los egresos por sostenimiento de la nómina profesoral y por inversión en mercadeo y publicidad.

En segundo lugar se debe validar la estructura de realimentación Dinámico-Sistémica. Para modelar las dinámicas de la gestión de la universidad, se tomó como base el arquetipo crecimiento y subinversión, una estructura dinámica muy popular en los micromundos de la comunidad internacional donde se orienta la gestión de la organización hacia el equilibrio entre la demanda de sus bienes y servicios y la capacidad para atender dicha demanda, en función de la regulación de recursos internos o de la regulación de expectativas del mercado. El producto a vender es la formación de profesionales, atendidos por los vendedores del saber, que son los profesores. La capacidad de los profesores está dada en el número de grupos que atienden, en las investigaciones que realizan y en las actividades de extensión que

llevan a cabo. La Universidad debe tomar decisiones sobre la inversión para contratar profesores, para incrementar la capacidad al ritmo de la demanda generada con la debida atención de cursos, de investigaciones, de producción intelectual y de servicios de extensión. El bucle 1, de crecimiento ilimitado se refleja en la relación entre estudiantes activos que requieren y permiten la contratación de más profesores quienes imparten clases de excelencia y desarrollan proyectos de investigación y de extensión, actividades que dan prestigio a la Universidad y que traen más estudiantes, que incrementan el número de estudiantes activos, incrementando los ingresos en matrícula y permitiendo una mayor contratación de profesores. El bucle 2, de equilibrio entre una demanda creciente, que para ser atendida, requiere una mayor recarga en los profesores e inconformismos en la formación, que llevan a disminuir la demanda y en consecuencia, a disminuir el número de estudiantes que se matriculan nuevos cada semestre. El bucle 3., de capacidad de producción es el que suaviza la crisis de la Universidad, implementando una política de inversión que se dispare frente a un estado observado como límite o tolerable o con una comparación entre el estado actual y el estado deseado en la población de estudiantes activos. Esta política de inversión debe lograr disminuir el retardo en el servicio o suavizar el inconformismo de los demandantes, donde la nueva capacidad está en función del retardo de la atención del servicio, Se concentra en revisar el precio, la calidad y la competitividad del profesorado para mitigar la baja de calidad y el inconformismo de los estudiantes, padres de familia, patrocinadores de la investigación y clientes o beneficiarios de la extensión.

De otra parte, la estructura dinámico-sistémica utilizada para representar las relaciones externas de la universidad, en este caso con el mercado de bachilleres y con las otras universidad que le hacen competencia en la oferta de programas de formación similares, sigue el modelo de mercado de Bass; este modelo ha sido documentado ampliamente por Sterman en su libro *Strategic Dynamics* y se orienta a reflejar la dinámica de captura de clientes en un mercado competitivo, a partir del reconocimiento de la población objetivo y de los motivos para la atracción y el

desencanto del bien o servicio ofrecido, así como de la capacidad de captura de los competidores y de su velocidad de reacción ante el movimiento del mercado.

En tercer lugar, se debe validar la parametrización del modelo para la simulación. Para este caso se tomaron las estadísticas de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga en el rango de 1992 al 2000 como rango histórico y los escenarios se basaron en las políticas de la administración universitaria antes y después de la Reforma del 2003.

En cuarto lugar, se deben validar los resultados de la simulación en su correspondencia con el comportamiento histórico y esperado. En cuanto al comportamiento histórico se contó con las estadísticas históricas para el período 1992-2000 y se revisó su tendencia con los resultados de la simulación en el horizonte 1992-2012, los cuales reflejaron tendencias similares a las encontradas en el archivo histórico. En cuanto a los comportamientos esperados, se encuentran dos formas de validación, de una parte los usuarios, en este caso los miembros del comité de acreditación y el cuerpo profesoral de la Facultad quienes participaron en tres talleres de construcción del modelo y evaluación del micromundo para apoyar una experiencia de aprendizaje organizacional, estas experiencias y su aceptación de parte de la comunidad consultada se registran en el acta de reuniones de la Facultad. El otro camino de validación se da en la revisión de los resultados de la simulación y las tendencias esperadas por los miembros de la comunidad. En este punto de la validación, se deben considerar las circunstancias de cambio en el mercado detectadas en el 2005 por los gestores del mercadeo institucional y la consecuente disminución de la población de estudiantes interesados en la carrera y con el retardo de los cinco años de escolaridad, la disminución de estudiantes activos a medida que se iban graduando los existentes.

En quinto lugar, se debe validar la eficacia de la herramienta, es decir, el cumplimiento de su propósito. En este caso, se abordó un diseño educativo orientado

a un proceso de aprendizaje organizacional. En esta última validación, aparece el elemento subjetivo del comportamiento esperado, y aparece la duda por la necesidad de validar de manera objetivista una herramienta con propósitos subjetivistas. Recuérdese aquí, que los micromundos se constituyen en herramientas para la experimentación, experimentación de supuestos del tomador de decisiones. ¿Qué pasa con la validación del aprendizaje ganado por el tomador de decisiones sobre las consecuencias dinámico-sistémicas de su intervención?. La validación a nivel del usuario, podría revisarse con la aceptación que hace el tomador de decisiones sobre la utilidad del micromundo es decir sobre su potencial como herramienta para el aprendizaje dinámico-sistémico. Para el caso de aplicación, se hicieron presentaciones y pruebas con el equipo docente de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, quienes aportaron en la construcción del modelo y en la evaluación de la interface, así como en la realización de un taller de aprendizaje organizacional como ejemplo de diseño educativo.

5. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS PARA EL DISEÑO DE MICROMUNDOS PARA LA GESTIÓN UNIVERSITARIA

Los lineamientos metodológicos que se fueron consolidando durante el desarrollo de este proyecto, se pueden estructurar en cuatro aspectos, a saber:

5.1. SOBRE EL PROCEDIMIENTO O PROTOCOLO

Con base en la sistematización de la experiencia de entrenamiento de gerentes de la Escuela de Negocios del Sloan, en el MIT, donde se desarrollaron los primeros micromundos y por ende, se constituyó la práctica de los micromundos como objetos de aprendizaje, se pueden destacar los siguientes momentos en un proceso de aprendizaje apoyado con un micromundo, los cuales a su vez, implican requerimientos de diseño educativo que debe implementar el micromundo en una interface de usuario interactiva:

5.1.1. Presentación del caso a gestionar, su historia y estado actual. Este paso en el proceso de aprendizaje requiere que el micromundo como aplicación informática, ofrezca una interface de usuario con la presentación en texto e imagen de las políticas de gestión de la Universidad y de las restricciones para la toma de decisiones.

5.1.2. Presentación de metas. Esta característica es fundamental para un proceso de toma de decisiones apoyado en un micromundo, ya que en términos de Forrester⁷ la

⁷ Presentación de los principios de la Dinámica de Sistemas originalmente publicado en la Revista Gestión Industrial del Sloan School del MIT, Industrial Management Review, MIT Sloan School, Vol. 9, No. 2, 1968 y Reimpreso en: Forrester, Jay W., 1975. Collected Papers of Jay W. Forrester. Waltham, MA: Pegasus Communications, 284 págs. Divulgado como lectura complementaria en el material educativo del Grupo de Investigación en Dinámica de Sistemas, en RoadMaps con el código D-4079-12.

jerarquía básica de una estructura dinámico-sistémica implica cuatro elementos: La meta u objetivo a alcanzar que representa el estado deseado, el estado actual observado, la discrepancia entre los dos estados y la política asumida por la organización para ir de un estado a otro, expresada en una acción deseada.

5.1.3. Reconocimiento de indicadores de desempeño del sistema. Los niveles o variables de estado soportan el sistema de indicadores de la gestión de la Universidad, reunidos en: La dinámica poblacional de los estudiantes con indicadores como Estudiantes activos, estudiantes graduados y estudiantes desertores. Indicadores de personal como número de profesores, salario promedio de contratación y porcentaje de dedicación a actividades de docencia, investigación y extensión. Indicadores de gestión financiera, representados en el equilibrio ingresos-egresos, que para el caso de la Universidad privada, son garantes de auto-sostenibilidad financiera con variables como ingresos por matrículas y egresos por pago de nómina.

5.1.4. Presentación de variables de control. En este conjunto se deben considerar todas las variables que permiten representar las decisiones a tomar y que bajo la Dinámica de Sistemas se representan en tasas, constantes o multiplicadores: Para el caso de la Universidad se han definido variables de control en relación con el número de grupos nuevos a ofrecer, la cantidad de grupos a ser atendidos por profesor, el número de estudiantes a matricular por curso, el tiempo asignado a las funciones de docencia, investigación y extensión en los profesores, el porcentaje de los ingresos invertido en publicidad y mercadeo, el valor de la matrícula y el salario promedio por docente.

5.1.5. Presentación de estructura causal-cíclica. Para cumplir los propósitos de aprendizaje organizacional, se deben ofrecer vistas de la estructura causal-cíclica que ilustren las interrelaciones en afectan los indicadores de desempeño y que se pueden direccionar a través de las variables de control. Para el caso de la Universidad se presentan cuatro estructuras cíclicas a saber: La primera esta dada por la dinámica de

crecimiento ilimitado típica del mercado, generada por el número de estudiantes activos, que genera más ingresos por matrícula para la institución, con los cuales se puede invertir en mayor mercadeo y publicidad, para atraer más estudiantes nuevos que incrementen el nivel de estudiantes activos. La segunda estructura dinámica esta dada por la concepción de recursos limitados, que para el caso de la universidad se puede reflejar en la tendencia a copar la capacidad de la planta física o en la regulación de recursos financieros por el sostenimiento del profesorado, ya que a medida que crece el ingreso, se cuenta con un mayor presupuesto para motivar el mercadeo y la publicidad, atrayendo un mayor número de nuevos estudiantes, que incrementan el número de estudiantes activos, para los cuales se requieren más profesores, que incrementan los gastos por nómina y que reducen los ingresos ganados por matrículas. El tercer ciclo se relaciona con la gestión de la calidad y su consecuencia en el incremento del atractivo de la universidad, ya que al presentar indicadores de calidad altos con producción intelectual del profesorado dedicado a la investigación, reconocimiento de la extensión y formación de calidad en la docencia, se genera un atractivo adicional al mercadeo y a largo plazo más trascendente, que atrae nuevos estudiantes, que incrementan los ingresos por matrícula y que permiten contratar más profesores para sostener los niveles de calidad. El cuarto ciclo, también de refuerzo, evidencia estrategias de consecución de recursos adicionales a las matrículas, que para el caso de la universidad, la puede orientar hacia una universidad investigadora que genera ingresos por proyectos de investigación financiados externamente o hacia una universidad consultora, que concentra sus ingresos en servicios de asesoría al medio empresarial y de gobierno.

5.1.6. Presentación del modelo en niveles y flujos. De acuerdo con el lenguaje propio de la Dinámica de Sistemas, se sugiere entrenar al grupo de usuarios del micromundo para leer el diagrama de niveles y flujos, de manera que tenga una visión comprensiva de las dinámicas de la institución y logre diferenciar los indicadores de desempeño representados en niveles, de las variables de control, representadas en tasas y multiplicadores. También es recomendable lograr la comprensión de la cadena

de estados de las unidades materiales como estudiantes, profesores, recursos financieros, imagen institucional y de las cadenas de información que enlazan los datos sobre el estado actual del sistema con la toma de decisiones.

5.1.7. Presentación y/o diseño de escenarios. Para el caso de la Universidad y siguiendo la propuesta de una gestión trascendente con Dinámica de Sistemas, los escenarios se constituyen en la forma de expresar los tipos de universidad hacía los cuales se puede orientar la meta y las decisiones del gerente. Por ejemplo, la orientación de la universidad hacía una universidad profesionalizante, llevaría a definir metas con un alto número de estudiantes, y se tomarían decisiones alrededor de grupos grandes y con varios cursos por profesor, contraria a un modelo de universidad investigadora que asumiría como meta, una alta producción intelectual, y con decisiones orientadas hacía grupos pequeños y pocos grupos por profesor para disponer de tiempo para la investigación.

5.1.8. Expresión de comportamiento esperado de acuerdo con la lógica causal. Para conducir la confrontación de modelos mentales o supuestos de gestión en el tomador de decisiones y por consiguiente, motivar el proceso de aprendizaje, el micromundo debe ofrecer mecanismos para registrar el comportamiento esperado de parte del tomador de decisiones antes de la simulación, y su posible justificación en términos causales. Para el caso de estudio, esta representación del comportamiento esperado se logró con la presentación de curvas de trayectorias de los indicadores proyectadas en planos cartesianos, de las cuales, el usuario debía tomar una y se ofreció un formato de edición de texto para escribir la justificación del comportamiento seleccionado. En el proceso de diseño educativo, esta parte merece especial atención y futuros desarrollos en función de la exploración de las ventajas multimediales de las interfaces de usuario, de manera que se haga más ágil y transparente el paso de una aplicación a otra para hacer el registro de los supuestos, ya que en el caso del prototipo se manejó pasando de la interface de PowerSim a la interface de VisualBasic.

5.1.9. Simulación. El proceso de simulación requiere ser encapsulado por el micromundo haciendo uso de una herramienta de desarrollo propia o con ayuda de una herramienta existente en el mercado, como es el caso de PowerSim, VenSim, Evolución o Ithink. Una herramienta que reúne las dos condiciones de simulación y desarrollo de interfaces para el micromundo es Microworlds. Para lograr mayor independencia de las plataformas computacionales y una mayor consistencia de la aplicación software se recomienda desarrollar el motor de simulación y presentar en la interface de usuario, los controles básicos de simulación como son Inicio de simulación, simulación paso a paso y simulación en una sola corrida. Para el caso del prototipo desarrollado se utilizó el motor de simulación de la herramienta PowerSim Studio 2001, con la utilidad modo de presentación. Como parámetros de simulación para el caso de la Universidad, se recomienda: El paso del tiempo en semestres, el horizonte temporal a 10 años, es decir, 20 semestres, tiempo durante el cual se pueden ver reflejadas consecuencias de decisiones en dos cohortes de estudiantes.

5.1.10. Análisis de resultados de simulación y comparación con el comportamiento esperado. Este paso cierra el ciclo de aprendizaje soportado en el micromundo, en la medida en que pone en confrontación el supuesto de comportamiento previamente definido o seleccionado por el usuario y la respuesta simulada del sistema. En este paso el Diseño educativo tiene que definir las formas de interacción del usuario con el micromundo y la intervención del instructor u orientador del proceso de aprendizaje.

5.1.11. Explicación de coherencia o incoherencia entre lo esperado y lo obtenido. Para el caso de un Diseño Educativo orientado al Aprendizaje Organizacional, este paso, implica un trabajo en equipo y la búsqueda de una visión compartida, facilitadas en el micromundo por las funciones de registro de supuestos, de edición de texto explicativo de las decisiones tomadas por cada usuario y de posibilidades de interacción usuario-usuario en una plataforma en red. El prototipo logrado se limita a

trabajo monousuario con el registro de experiencias de simulación y supuestos en archivos que pueden ser consultados por otros usuarios posteriormente. Se recomienda explorar funcionalidades de conectividad en red para facilitar el uso de micromundos en grupo.

5.1.12. Generación de conclusiones de relación estructura-comportamiento. El propósito educativo de los micromundos está orientado a motivar en el usuario la apropiación de las dinámicas de comportamiento del sistema simulado y la capacidad para generar conclusiones sobre el efecto de las decisiones tomadas para reforzar o atenuar estas dinámicas. Para el caso de la gestión universitaria, en este paso debería lograrse una explicación causal de los efectos generados con la variación en los porcentajes de inversión en mercadeo, publicidad, contratación de profesores para la docencia, la investigación o la extensión y el manejo de indicadores de calidad.

5.2. SOBRE LA ARQUITECTURA

De acuerdo con los momentos expresados como requerimientos finales del micromundo en la sección anterior, una arquitectura propuesta para el diseño de micromundos podría organizarse alrededor de cuatro módulos organizados así:

5.2.1. El Diseño Educativo. Reune los propósitos de aprendizaje en relación con la situación representada por el micromundo como herramienta de aprendizaje, es decir, reúne los conceptos dinámico-sistémicos de interés para el micromundo, los escenarios, metas, variables de control y presentación de resultados a poner a disposición del usuario para la experimentación y el aprendizaje sobre la situación organizacional particular, que para el caso de estudio, corresponde a la situación de gestión de un programa de pregrado en el marco de una concepción de la Educación superior como un servicio para un mercado competitivo. Este servicio responde a una dinámica de crecimiento y subinversión propia de una empresa que afecta el mercado a través de sus acciones de publicidad y mercadeo y busca el equilibrio en la gestión

de su capacidad interna para atender el mercado esperado. Siguiendo la denominación estándar en Informática Educativa, el diseño educativo debe resolver los siguientes interrogantes: ¿qué aprender?, ¿cómo aprenderlo?, ¿cómo motivar y mantener motivados a los usuarios?, ¿cómo saber que el aprendizaje se está logrando? (Galvis, 1992).

5.2.2. El modelo. Reune los indicadores de gestión de la universidad y las tasas de cambio que representan el rango de las decisiones a tomar para mantener la organización en un proceso de reducción de la discrepancia generada entre un estado deseado y un estado actual observado. Tanto indicadores como tasas se interrelacionan en ciclos de realimentación cerrados de refuerzo o atenuación, utilizando el lenguaje propio de la Dinámica de Sistemas (Forrester, 1961-1968).

5.2.3. El simulador. Reune las funcionalidades de un motor de simulación, que itera el modelo matemático haciendo uso de un método de integración como Euler o Runge Kutta. Facilita la definición de parámetros de simulación como horizonte de simulación, paso de tiempo y condiciones de parada. Para el caso de estudio, se utilizó la herramienta PowerSim Studio 2001 siguiendo el método de Euler y con un horizonte de simulación de 10 años, equivalentes a 20 semestres, tiempo en el cual se ven los efectos de las decisiones de gestión sobre dos cohortes de un programa. El paso del tiempo es el semestre y se utilizan las opciones de simulación paso a paso y simulación en una sola corrida.

5.2.4. La interface. Recoge la imagen e interactividad del micromundo mediante vistas o ventanas de presentación de texto, imágenes, gráficas cartesianas, haciendo uso de botones de selección de opciones para navegar el micromundo en los diferentes momentos sugeridos en la sección 5.1.

El Diseño Educativo debe iniciar el proceso de diseño, ya que con base en el propósito de aprendizaje o experimentación que se tenga, se definirán las variables

del modelo a representar, los parámetros y escenarios de simulación y la interface de usuario con la interacción necesaria para lograr el propósito educativo.

5.3. SOBRE LAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS

El ambiente generado con el micromundo debe hacer uso de tecnologías como las descritas en la tabla 5. de acuerdo con el nivel de condición necesaria para cumplir con los requisitos mínimos para ser un micromundo o condición deseable para ofrecer una herramienta de aprendizaje con más funcionalidad.

Tabla 5. Uso de componentes tecnológicos en un micromundo

TECNOLOGÍA	CONDICION DE USO
Diagramas causales.	Necesario, como lenguaje afín con la formulación matemática de la Dinámica de Sistemas.
Diagramas de niveles y flujos.	Deseable, como lenguaje afín con la formulación matemática de la Dinámica de Sistemas.
Graficación en el plano cartesiano.	Necesario, como lenguaje afín con la formulación matemática de la Dinámica de Sistemas.
Interfaces de captura de parámetros para la interactividad con el usuario.	Necesario, como la condición básica de una interface de aprendizaje basada en tablero de control.
Animaciones.	Deseable, para ofrecer un mayor nivel de lectura de las dinámicas del sistema representado con el micromundo, haciendo un mayor aprovechamiento de las funcionalidades multimediales y de animación de las aplicaciones de última generación.
Interfaces de juego individual.	Necesario, para organizar el uso del micromundo hacía la consecución de una meta y con unos recursos controlables. Esta condición es la más encontrada en los micromundos revisados en el capítulo 2.
Interfaces de juego en grupo en	Deseable, para soportar el aprendizaje en equipo y la toma de

TECNOLOGÍA	CONDICION DE USO
red.	decisiones colaborativa
Interfaces Web.	Deseable, para soportar el aprendizaje en equipo y la toma de decisiones colaborativa
Bases de datos de usuario	Deseable, para el registro y la revisión de supuestos previos y posteriores a la simulación

6. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la investigación, se presentaron diversas inquietudes en torno al carácter sistémico de los micromundos, generándose la pregunta por el aporte que podría hacer el pensamiento sistémico y en particular, la Dinámica de Sistemas a la gestión universitaria. Con esta investigación surgieron las primeras luces sobre una modalidad de Dinámica de Sistemas que responda al afán trascendente del Pensamiento Sistémico, que la autora viene bautizando con el nombre de “Gestión trascendente” con Dinámica de Sistemas, la cual permitiría revelar los fines organizacionales que subyacen a las políticas y acciones en el modelamiento y facilitaría el diálogo entre los tomadores de decisiones sobre dichos fines, su impacto y la consecuente organización de medios para alcanzarlos de manera eficiente, ganando conciencia sistémica de su gestión o en otras palabras, haciendo un “uso crítico” de la Dinámica de Sistemas para la gestión.

Los micromundos como tecnología informática ofrecen una mayor difusión de la Dinámica de Sistemas en el campo de la gestión organizacional, ampliando la comunidad de usuarios a los gerentes, tomadores de decisiones organizacionales y a las instituciones educativas que asumen el aprendizaje organizacional, quienes se encuentran con interfaces que encapsulan modelos, motores de simulación y guías de aprendizaje dinámico-sistémico.

Una mirada Dinámico – Sistémica de la gestión universitaria, podría ofrecer una mayor comprensión de la organización que se gestiona en relación con las consecuencias en el tiempo de las decisiones tomadas y una estructura en forma de red donde las diversas ramas del árbol de indicadores, propia del modelo CNA, se entrelazan por la interdependencia causal, que permita una mirada integradora del programa. La gestión del cambio bajo este nuevo modelo, se vería entonces como la lectura permanente de indicadores de calidad frente a las condiciones reales y

proyectadas de un programa en gestión, la medición de la discrepancia generada entre el ideal y el diagnóstico actual y la evaluación de alternativas de gestión para la eficaz disminución de esta discrepancia.

La definición de lineamientos metodológicos para el diseño de micromundos para la gestión del cambio y la toma de decisiones en la Universidad, se constituyó en un proceso de inducción a partir de la revisión de micromundos reconocidos por la comunidad internacional de la Dinámica de Sistemas y en un proceso de investigación-reflexión de los pasos recorridos en el desarrollo de los prototipos del caso de estudio.

La indagación por el diseño educativo, llevó a cuestionar qué se deseaba enseñar con un micromundo universitario como el construido en el prototipado. La exploración de esta pregunta llevó a reconocer el tipo de representación de Universidad subyacente en la el modelo que soporta al micromundo. Este tipo de representación obedece a una organización empresarial que se enfrenta a cambios en el mercado y que se prepara fortaleciendo su capacidad interna bajo el arquetipo de crecimiento y subinversión. Esta representación ya viene sesgada por un afán de ver la universidad como una empresa ofertora de servicios educativos.

El proceso de desarrollo de esta investigación dejó muchas enseñanzas no técnicas en el camino, entre ellas: la aproximación de la ingeniería a la gestión organizacional, la introducción en el camino de la dirección universitaria y la confrontación de la ingeniería en un proceso de organización de grupos de trabajo a nivel de procesos de acreditación y mejoramiento continuo. En todos estos espacios de interacción, las competencias de diálogo interdisciplinario, liderazgo, sistematización de la información cuantitativa y cualitativa y capacidad de negociación se ven confrontadas.

7. RECOMENDACIONES

Es necesario evaluar y mejorar la interfaz para el usuario, acercándola a las tendencias de diseño gráfico e interactividad de los juegos de roles con la indagación de condiciones de conectividad con herramientas gráficas más versátiles que las funciones de diseño de ventanas que ofrece una herramienta como PowerSim. Este ejercicio implica un desarrollo propio del motor de simulación a manera de librería llamada por la aplicación orientada a la interface.

Se recomienda aplicar el micromundo resultante de este proyecto, en otros ambientes universitarios que permitan evaluar la utilidad del micromundo como herramienta de aprendizaje de gestión universitaria de uso general y que permitan fortalecer la validación del modelo frente a comportamientos históricos.

Investigar otros posibles diseños educativos de un micromundo universitario que se constituyan en alternativas a una concepción de servicios de mercado en donde la gestión se orienta por el equilibrio entre capacidad interna y demanda esperada, concepción propia de los modelos empresariales.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, HUGO. DYNNER, ISSAC. ESPINOSA, ANGELA. LÓPEZ-GARAY, HERNAN Y SOTAQUIRÁ, RICARDO. *Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 2001.
- _____. *La informática y el cambio en la Educación: Una propuesta ilustrada con Ambientes de modelado y simulación con Dinámica de Sistemas. Proyecto MAC*. En Memorias I Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas. Colombia. 2002.
- AREVALO, YOHANA y GUTIERREZ, GINA. *Simulador dinámico-sistémico para apoyar políticas de investigación en la UNAB*. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería de Sistemas. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 1999.
- ARGYRIS, C. Y SCHÖN, D. *Organizational Learning: A Theory of Action perspective*. Reading, Mass.: Addison Wesley. USA. 1978.
- ARGUELLO, ADRIANA Y GELVEZ, LILIA. *Micromundos para apoyar la gestión universitaria, un caso de estudio*. Documentos Internos de Trabajos de Grado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Colombia. 2000.
- BAEZ, JORGE. CABRERA, JOSE DANIEL. RUEDA, GUILLERMO Y SOTAQUIRÁ, RICARDO. *Microworld to support decision making and organizational learning in a Department of a Colombian University*. Quebec, Canada. 16th International System Dynamics Conference. 1998.
- BECERRA, ANGELICA. GARCIA, GERMAN Y HERREÑO, GLORIA. *Propuesta de una estrategia para catalizar el aprendizaje organizacional en la Corporación Centrosistemas con base en un estudio sistémico*. Pregrado en Ingeniería de Sistemas, Convenio Centrosistemas-Universidad INCA. Bucaramanga. Colombia. 1999.
- CABRERA, CADENA, PARRA Y SALAZAR. *Micromundo de apoyo a la toma de decisiones y al aprendizaje Organizacional en Mercadefam S.A*. Memorias del V Congreso Colombiano de Informática Educativa, Bucaramanga. Colombia. 2000.
- CORREA, LAURA y PEÑA, LAURA. *Herramientas sistémicas sobre TICs en la UNAB centrada en decisiones sobre uso e inversión*. Tesis de pregrado en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia. 1999.
- AVIDSEN, PAL. SPECTOR, MICHAEL AND MILRAD, MARCELO. *Model Facilitated Learning*. Working Paper accepted for publication in a volume edited by Som Naidu entitled: Technology and the development of teaching and learning. En ProQuest. <http://wwwlib.umi.com/dissertations/>. 2001.

- DYNER, ISAAC. LARSEN, ERIK Y LOMI, ALESSANDRO. *Simulation for organizational learning in competitive electricity markets*, in Risk and Flexibility in Electricity, Introduction to the fundamentals and techniques. Edited by Anne Ku. Risk Books, London. 2003.
- FORRESTER, JAY. *Industrial Dynamics*. Productivity Press, Portland. 1961. En español. *Dinámica Industrial*. El Ateneo. Buenos Aires. 1968.
- FUENMAYOR, RAMSES. *Interpretando Organizaciones...Una Teoría Sistémico-Interpretativa de Organizaciones*. Universidad de los Andes, Consejo de Publicaciones, Consejo de estudios de Postgrado, Merida, Venezuela. 2001.
- FUENMAYOR, RAMSÉS. BONUCCI, MARIO. LÓPEZ-GARAY, HERNÁN. *An Interpretative -Systemic Study of the University of Los Andes*. System Practice, Vol. 4. No. 5. UK. 1991.
- KENNEDY, MICHAEL. *An extended Taxonomy of System Dynamics Models of Higher Education*. Proceedings of the XX International Conference System Dynamics Society. Italy. 2002.
- MAIER, FRANK Y GROBLER, ANDREAS. *What are we talking about? – A taxonomy of computer simulations to support learning*. In System Dynamics Review. Vol. 16. No. 2. Summer. Wiley. UK. 2000.
- MAHMOUD, M. AND P.GENTA. *Microworld of an Open University: A Strategic Management Learning Laboratory*, Proceedings of the 1993 International System Dynamics Conference, Mexico. 1993.
- MORECROFT, JOHN. STERMAN, JOHN. GRAHAM, ALAN. AND SENGE, PETER. *Model-supported case studies for management education*, In Modelling for Learning. European Journal of Operations Research. Vol. 59. P. 151 – 166. Wiley, North-Holland. 1992.
- PAPERT, SIMON. *Mindstorms*. Basic Books. New York. 1980.
- PEÑA, ELEONORA. TELLO, ABIGAIL. RUEDA, CLAUDIA . *Micromundo sistémico de apoyo a la toma de decisiones en la Especialización en Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la UNAB*. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. 1999.
- SENGE, PETER. *The Fifth Discipline: The Art and practice of Learning Organization*. Doubleday/Currency, New York. 1990. En español: *La Quinta Disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente*. Editorial Granica. 1992.
- SERRANO, MARÍA CRISTINA Y SARMIENTO, ROMÁN EDUARDO. *Micromundo para apoyar el diseño de un programa de postgrado en Pensamiento Sistémico*. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. 2000.

- SZELEST, BRUCE PHILIP. *A system dynamics assessment of organization strategic goal realization: Case study of a public research university*. PhD. Disertations. State University of New York at Albany. En ProQuest.
http://wwwlib.umi.com/dissertations/preview_all/3107153. 2003.
- STERMAN, JOHN. *People Express Management Flight Simulator*. Software and documentation available from author Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology. USA. 1988.
- _____. *Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a Dynamic decision making experiment*. In Management Science. Vol. 35. No. 3. Mach, The Institute of Management Sciences. USA. 1989.
- _____. *Business Dynamics, System Thinking and modelling for a complex world*. McGraw-Hill, New York. 2000.
- YAMAN, BARLAS. *Decision support for strategic university management: A dynamic interactive game. UNIGAME*. Sytem Dynamics Conference Proceedings. Turkey. 1997.