

MODELAMIENTO DE RACIONALIDAD LIMITADA Y HEURÍSTICO DE ANCLAJE
Y AJUSTE EN DINÁMICA DE SISTEMAS

EDNA ROCÍO AGUIRRE HOLGUÍN
LAURA MARÍA URREGO VALOIS

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2013

MODELAMIENTO DE RACIONALIDAD LIMITADA Y HEURÍSTICO DE ANCLAJE
Y AJUSTE EN DINÁMICA DE SISTEMAS

EDNA ROCÍO AGUIRRE HOLGUÍN
LAURA MARÍA URREGO VALOIS

PROYECTO DE GRADO PAR OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

TUTOR TEMÁTICO DEL PROYECTO
FERNANDO ANTONIO ARENAS, M.Sc.

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2013

Nota de aceptación

Fernando Antonio Arenas
Tutor temático

Jairo Guerrero
Tutor metodológico

Víctor Escallón
Lector

RESUMEN

El presente trabajo de grado se basa en el estudio de los conceptos de heurístico de anclaje y racionalidad limitada por medio de la construcción de modelos en dinámica de sistemas con el fin de capturar las decisiones realizadas por estudiantes de la Maestría de Ingeniería Industrial.

Los modelos construidos en el proyecto: modelo de crecimiento de mercado y modelo de capacidad de producción limitada, fueron desarrollados con base al modelo de crecimiento de mercado creado por Jay Forrester en el año 1968 el cual surgió de la experiencia que posee Forrester como asesor de emprendedores y empresas de alta tecnología. El modelo tiene como principal objetivo descifrar el porqué algunas empresas se desarrollan y tienen éxito mientras otras surgen y desaparecen en pocos años. Forrester atribuye estos hechos a las decisiones que toman los administradores y gerentes de cada compañía, las cuales en algunos momentos son afectadas por sesgos o heurísticos que impiden la correcta toma de decisiones.

A partir de los modelos construidos, se generó un simulador de vuelo que les permitiera a los individuos tomar decisiones en el caso particular de una empresa de alta tecnología que cuenta con capacidad de producción limitada, incumplimiento en los pedidos y demoras en las entregas. La labor de cada individuo consistía en decidir la cantidad de capacidad que se debía adquirir, la fuerza de ventas que se debía contratar y despedir para alcanzar el máximo valor del flujo de caja operativo para la empresa. Por medio de los resultados obtenidos se realizó un análisis gráfico que permitiera evidenciar la existencia del heurístico de anclaje y racionalidad limitada en la toma de decisiones de los participantes del estudio.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1 RACIONALIDAD LIMITADA Y HEURÍSTICO DE ANCLAJE Y AJUSTE EN DINÁMICA DE SISTEMAS	12
1.1 TÍTULO PROYECTO	12
1.2 PROBLEMA.....	12
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	12
1.4 LÍMITES Y ALCANCE.....	13
1.4.1 Tipo de investigación.....	13
1.4.2 Espacio	13
1.4.3 Tiempo	13
1.4.4 Limitaciones	13
Las simulaciones se llevaron a cabo con un grupo de cinco estudiantes de Maestría con las que se obtuvieron una cantidad reducida de datos, razón por la cual sólo se realizará un análisis gráfico con las situaciones más ilustrativas. Lo anterior permitirá identificar la existencia de los conceptos de heurístico de anclaje y racionalidad limitada en la toma de decisiones.	14
1.4.5 Impacto	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	15
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 MARCO DE REFERENCIA	16
3.1 ANTECEDENTES.....	16
3.2 MARCO TEÓRICO	19
3.2.1 Toma de decisiones	19
3.2.2 Ambientes de decisión	20
3.2.3 Heurísticos	20

3.2.4	Racionalidad Limitada	21
3.2.5	Modelo de crecimiento de mercado en una empresa de alta tecnología 21	
4	DESARROLLO DE PROYECTO	24
4.1	DEFINICIÓN DE VARIABLES	24
4.2	ESTRUCTURA CONCEPTUAL DEL MODELO	24
4.2.1	Subsistema cumplimiento de pedidos	24
4.2.2	Subsistema de adquisición de capacidad	25
4.2.3	Subsistema de estructura de la organización.....	25
4.3	DIAGRAMA CAUSAL	25
4.4	MODELO EN DINÁMICA DE SISTEMAS.....	28
4.4.1	Estructura cumplimiento de pedidos	28
4.4.2	Estructura adquisición de capacidad.....	29
4.4.3	Estructura de la organización.....	30
4.5	RESULTADOS OBTENIDOS	31
4.5.1	Análisis gráfico	32
5	CONSTRUCCIÓN MODELO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN LIMITADA 35	
5.1	DEFINICIÓN DE VARIABLES	35
5.2	ESTRUCTURA CONCEPTUAL DEL MODELO	36
5.2.1	Subsistema Cumplimiento de pedidos	36
5.2.2	Subsistema Fuerza de ventas.....	36
5.2.3	Subsistema Adquisición de capacidad.....	36
5.2.4	Subsistema Financiero.....	37
5.3	DIAGRAMA CAUSAL MODELO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN LIMITADA.....	37
5.4	MODELO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN LIMITADA EN DINÁMICA DE SISTEMAS	39
5.4.1	Estructura Cumplimiento de pedidos.....	40
5.4.2	Estructura Fuerza de ventas	41
5.4.3	Estructura Adquisición de capacidad	41
5.4.4	Estructura Financiera	42
6	RESULTADOS OBTENIDOS	45
7	SIMULADOR DE VUELO	49

7.1	VARIABLES DE DECISIÓN.....	49
7.2	ESTRUCTURA DEL SIMULADOR	49
7.3	DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN.....	49
8	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	52
8.1	ANÁLISIS GRÁFICO	52
8.1.1	Brecha de ventas vs. Fuerza de ventas	52
8.1.2	Brecha ventas vs. Adquisición de capacidad	54
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Estudios realizados sobre racionalidad limitada y heurístico de anclaje ..	18
Tabla 2 Variables subsistema cumplimiento de pedidos	60
Tabla 3: Variables subsistema adquisición de capacidad	61
Tabla 4: Variables subsistema estructura de ventas.....	62
Tabla 5: Variables subsistema cumplimiento de pedidos	64
Tabla 6: Variables subsistema adquisición de capacidad	65
Tabla 7: Variables subsistema fuerza de ventas.....	66
Tabla 8: Variables subsistema Financiero	66
Tabla 9: Resultados de simulacion 1	67
Tabla 10: Resultados de simulación 2	68
Tabla 11: Resultados simulación 3 7. Resultados simulación 3	69
Tabla 12: Resultados simulación 4	70
Tabla 13: Resultados simulación 5	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1: Componentes del modelo de crecimiento de mercado.....	22
Ilustración 2: Diagrama causal del modelo de crecimiento de mercado	27
Ilustración 3: Estructura cumplimiento de pedidos.....	29
Ilustración 4: Estructura de adquisición de capacidad	30
Ilustración 5: Estructura de la organización	31
Ilustración 6: Grafica uso de la capacidad vs. Retraso en la entrega	32
Ilustración 7: Adquisición de capacidad vs. Presión para adquirir capacidad	33
Ilustración 8: Efectividad en las ventas vs. Fuerza de ventas	34
Ilustración 9: Diagrama causal modelo de capacidad de producción limitada	38
Ilustración 10: Modelo de capacidad de producción limitada.....	39
Ilustración 11: Estructura cumplimiento de pedidos.....	40
Ilustración 12: Estructura fuerza de ventas.....	41
Ilustración 13: Estructura adquisición de capacidad	42
Ilustración 14: Estructura financiera.....	44
Ilustración 15: Adquisición de capacidad vs. Presión para expandir capacidad	46
Ilustración 16: Brecha de ventas vs. Fuerza de ventas.....	47
Ilustración 17: Fuerza de ventas vs. Pedidos pendientes	47
Ilustración 18: Pedidos pendientes vs. Presión para expandir la capacidad vs. Adquisición de capacidad	48
Ilustración 19: Interface simulador de vuelo.....	51
Ilustración 20: Brecha vs. Fuerza de ventas	53
Ilustración 21: Brecha ventas vs. Fuerza de ventas.....	54
Ilustración 22: Brecha ventas vs. Adquisición de capacidad.....	55
Ilustración 23: Brecha ventas vs. Adquisición de capacidad.....	56

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Variables modelo de crecimiento de mercado de Forrester.....	60
Anexo 2: Diagrama causal modelo de crecimiento de mercado de Forrester.....	63
Anexo 3: Variables modelo de capacidad producción	64
Anexo 4: Tablas con los resultados del simulador de vuelo aplicado en los estudiantes de Maestría.....	60
Anexo 5: Simulador de vuelo.....	63

INTRODUCCIÓN

La capacidad para tomar decisiones acertadas en un mundo cada vez más complejo y en continuo desarrollo, puede llegar a representar un aspecto imprescindible en cualquier entorno social. Su impacto puede tener una repercusión de alto alcance en las partes adyacentes al contexto en el que se toma la decisión.

La mayor parte de las veces los individuos se ven limitados en el proceso de toma de decisiones por diversas variables que se resumen básicamente en: el individuo no cuenta con suficiente información respecto a la naturaleza del problema, la imposibilidad para recordar un volumen considerable de información y los límites fijados por su propia forma de evaluar las situaciones.

El propósito de éste proyecto de grado es analizar la forma en que los individuos toman las decisiones frente a un problema determinado; para ello se partió de un modelo desarrollado por un importante académico en el tema, el cual fue nuestro punto de partida para desarrollar un modelo propio y posteriormente construir un simulador de vuelo para ejecutarlo con los estudiantes de Maestría de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi, y analizar cómo tomaban las decisiones frente a un contexto previamente establecido.

En la actualidad, el tema de la toma de decisiones está cobrando gran importancia porque de ella dependerán los resultados que las empresas obtendrán en un horizonte de tiempo establecido para su continuo crecimiento. Por esto, el individuo debe tener en cuenta la existencia de heurísticos para que no le obstaculicen el camino en la toma de decisiones acertadas.

1 RACIONALIDAD LIMITADA Y HEURÍSTICO DE ANCLAJE Y AJUSTE EN DINÁMICA DE SISTEMAS

1.1 TÍTULO PROYECTO

MODELAMIENTO DE RACIONALIDAD LIMITADA Y HEURÍSTICO DE ANCLAJE Y AJUSTE EN DINÁMICA DE SISTEMAS.

1.2 PROBLEMA

El desarrollo de modelos en dinámica de sistemas nos permite simular la realidad de diversos entornos por medio de la definición de variables, la construcción de la estructura y el análisis de datos que definen el comportamiento del sistema. Aunque ésta disciplina ha sido aplicada en diferentes ámbitos, no se ha profundizado en gran medida en el análisis de heurísticos de anclaje y el concepto de racionalidad limitada, factores que afectan el proceso de toma de decisiones e interfieren en los resultados generados por el individuo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el presente proyecto de grado se desarrollará un modelo de dinámica de sistemas y un simulador de vuelo, enfocados a explorar las decisiones tomadas por los estudiantes de Maestría de la Universidad Icesi frente a una situación de capacidad de producción limitada basada en el modelo de crecimiento de mercado creado por Forrester (1968)¹, permitiendo al estudiante obtener un mayor conocimiento del proceso de toma de decisiones y el impacto que éstas tienen en situaciones específicas.

Además, el simulador de vuelo servirá como herramienta pedagógica para las materias de Dinámica de Sistemas y Toma de Decisiones, ya que le permitirá al estudiante desarrollar competencias en la toma de decisiones enfocadas a la solución de problemas o búsqueda de mejores resultados.

El análisis de los resultados obtenidos por medio de la simulación permitirá confirmar las teorías sobre racionalidad limitada descritas por Herbert Simon

¹ STERMAN, John D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, United States of America: McGraw-Hill, 2000, p. 605 – 624.

(1957)² y las teorías de heurísticos de anclaje y ajuste presentes en el proceso de toma de decisiones expuestas por Daniel Kahneman y Amos Tversky (1973)³.

1.4 LÍMITES Y ALCANCE

1.4.1 Tipo de investigación

El proyecto realizado es de tipo exploratorio ya que se desea verificar las teorías existentes sobre los conceptos de racionalidad limitada y heurístico de anclaje que utilizan las personas al momento de tomar decisiones en una situación gerencial empírica.

1.4.2 Espacio

La recolección de datos se realizó a través de simulaciones del modelo de capacidad de producción limitada en el software iThink, las cuales fueron desarrolladas por un grupo de estudiantes de Maestría de la Universidad Icesi.

1.4.3 Tiempo

Este proyecto de grado tuvo una duración equivalente a dos semestres académicos, durante el cual se llevó a cabo la investigación teórica, la creación del modelo y el análisis de los resultados obtenidos por medio de las simulaciones.

1.4.4 Limitaciones

Se debe tener en cuenta que el modelo de capacidad de producción limitada ha sido desarrollado a partir del modelo de crecimiento de mercado generado por Forrester, por lo cual se han tomado parámetros y valores que permitan una correcta dinámica y funcionamiento del modelo los cuales no se ajustan totalmente a algún caso en particular, sin embargo, se pueden generar cambios en la

² HERBERT. Simon. Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting, New York, 1957, p 261 – 273.

³ KANHEMAN, Daniel & TVERSKY, Amos. The psychology of prediction. En: Psychological Review, 1973, vol. 80, No.4, p. 237-251.

estructura y parámetros para lograr un modelo que pueda ser aplicado a una empresa en especial dependiendo de la situación a evaluar.

Por otra parte, el modelo ignora las estructuras del mercado y empresas pertenecientes a la competencia con el fin de generar una dinámica más simple que se ajuste al tiempo de desarrollo del proyecto de grado.

Los resultados obtenidos a partir de la simulación están limitados por la dinámica interna que tiene el modelo, las interacciones existentes entre las variables definidas en la construcción del modelo y las decisiones tomadas por los estudiantes en el simulador de vuelo.

Las simulaciones se llevaron a cabo con un grupo de cinco estudiantes de Maestría con las que se obtuvieron una cantidad reducida de datos, razón por la cual sólo se realizará un análisis gráfico con las situaciones más ilustrativas. Lo anterior permitirá identificar la existencia de los conceptos de heurístico de anclaje y racionalidad limitada en la toma de decisiones.

1.4.5 Impacto

Por medio de este proyecto se lograron los siguientes aspectos:

- Profundizar los conceptos y conocimientos acerca del proceso de toma de decisiones.
- Explorar los conceptos de racionalidad limitada, y heurístico de anclaje y ajuste, a través del modelo de capacidad de producción limitada creado en el software Vensim e iThink.
- Verificar empíricamente las hipótesis formuladas por la teoría de toma de decisiones por medio de la aplicación del modelo a los estudiantes de Maestría de Ingeniería Industrial.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Ampliar los conocimientos sobre teorías de toma de decisiones, heurístico de anclaje y ajuste, y el concepto de racionalidad limitada en la dinámica de sistemas.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar un simulador de vuelo que permita explorar los criterios de decisión, racionalidad limitada y el heurístico de anclaje y ajuste que se aplican en el proceso de toma de decisiones en un modelo de capacidad de producción limitada.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construir el modelo de crecimiento de mercado desarrollado por Forrester.
2. Definir las variables del modelo de capacidad de producción limitada basándose en el modelo de crecimiento de mercado.
3. Elaborar el modelo de capacidad de producción limitada en el software Vensim.
4. Elaborar un simulador de vuelo en el software iThink de acuerdo con el modelo construido en el software Vensim.
5. Aplicar el simulador de vuelo con estudiantes de Maestría de la Universidad Icesi.
6. Analizar los resultados generados por las simulaciones.

3 MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

El proceso de toma de decisiones y el uso de heurísticos para la solución de problemas han sido temas de estudio a través de los años por parte de diferentes psicólogos y economistas interesados en el tema. A continuación se presentan diferentes trabajos desarrollados en torno a la toma de decisiones y el uso de heurísticos para la solución de situaciones planteadas mediante modelos de dinámica de sistemas.

Forrester (1968) desarrolló un modelo de dinámica de sistemas conocido como Modelo de Crecimiento de Mercado, con el fin de estudiar las decisiones tomadas por empresarios y gerentes de grandes compañías. Por medio del modelo se logra evidenciar la capacidad limitada de razonamiento que poseen los individuos ante situaciones complejas y el uso del heurístico de anclaje y ajuste, para hallar la capacidad de producción que desea adquirir en el caso de una compañía con capacidad de producción limitada.

Castañeda y Arango (2008) desarrollaron el documento “Revisión de experimentos de laboratorio en la toma de decisiones para ambientes dinámicos”, donde se expresa la importancia que tienen los experimentos de laboratorio para evaluar la toma de decisiones de los individuos y la intervención de la racionalidad limitada al interior del pensamiento humano, ya que se presenta como la incapacidad que tienen los individuos en visualizar y asimilar toda la información disponible en el entorno para solucionar un problema específico. Los autores expresan que los experimentos de laboratorio tienen como objetivo probar hipótesis y teorías desarrolladas en torno a la forma en que los individuos toman las decisiones, las reglas de decisión que son utilizadas para la solución de un problema y las causas que impiden que el individuo pueda tomar decisiones acertadas en ambientes dinámicos complejos. Cada experimento busca representar situaciones reales mediante el uso de modelos simples compuestos por diferentes variables y ciclos de retroalimentación; un claro ejemplo que demuestra lo anteriormente mencionado es el modelo desarrollado por Sterman (1989) conocido como el Juego de la Cerveza, en donde se plasma la realidad del sector productivo y la interacción entre clientes y proveedores de un sistema de distribución de cerveza compuesto por cuatro sectores entre los cuales están: la fábrica, un distribuidor, un minorista y un mayorista.

El juego cuenta con retardos en la entrega y envío de órdenes, lo cual provoca un inventario excesivo al momento de recibir los pedidos atrasados generando acumulación de inventario en cada uno de los sectores.

Los resultados obtenidos por medio de la simulación presentaron oscilaciones en los costos promedio, los cuales estaban diez veces por encima del valor óptimo. Sterman argumentó que la diferencia de los resultados era debida a los heurísticos y la racionalidad limitada presente en los individuos: “La explicación teórica para el pobre desempeño de los sujetos la realizó Sterman por medio de la teoría de racionalidad limitada (Simon, 1979), argumentando que los sujetos utilizaban heurísticas para tomar decisiones. Sterman encontró que el comportamiento de los sujetos era explicado por una heurística de anclaje y ajuste. Aunque en general las heurísticas son bastante útiles, en ocasiones conducen a errores severos y sistemáticos (Tversky y Kahneman, 1974).”⁴

Zamorano (2006) nos da a conocer por medio de su trabajo “Modelos de simulación como apoyo a la toma de decisiones”, la manera en que la toma de decisiones estratégicas afectan los resultados de las empresas a mediano y corto plazo, al mismo tiempo sustenta el hecho de que las decisiones establecidas al interior de un modelo dinámico pueden afectar sistémicamente los resultados de todo el sistema debido a la interrelación existente entre las diferentes variables que componen el modelo, generando relaciones de causalidad y ciclos de retroalimentación.

Por otra parte, el autor destaca la importancia que tiene la construcción de modelos basados en dinámica de sistemas y la realización de simulaciones para la representación de problemas o situaciones no deseadas en cualquier ámbito, ya que por medio de las simulaciones se puede conocer con anterioridad qué sucede si se toma una determinada decisión y los resultados que tendría el sistema sin necesidad de realizar grandes inversiones o generar errores que terminen agudizando el problema.

Además de los trabajos anteriormente citados, se han generado otros proyectos que buscan evidenciar la existencia de los conceptos de heurísticos y racionalidad limitada que intervienen en la toma de decisiones. Dichos proyectos se describen a continuación en la Tabla 1.

⁴ CASTAÑEDA, Jaime & ARANGO Santiago. Una revisión de experimentos de laboratorio en la toma de decisiones en ambientes dinámicos complejos: métodos, diseños y resultados, 2008, p 30.

Tabla 1: Estudios realizados sobre racionalidad limitada y heurístico de anclaje

Estudio	Diseño	Resultado
Sterman (1987 y 1989a)	Individuos que experimentan en modelos de simulación (inversión de capital)	Oscilaciones con costos en promedio 30 veces mayores al óptimo, heurística de anclaje y ajuste
Sterman (1989b), Wu y Katok (2006)	Juego de tablero en equipos de 4 personas que simula una cadena de suministro (el juego de la cerveza), manipulación de protocolos de entrenamiento y aprendizaje	Oscilaciones con costos en promedio de 10 veces mayores al óptimo; el entrenamiento y aprendizaje no afectan positivamente el desempeño si no hay comunicación entre los sujetos, heurística de anclaje y ajuste
Bakken (1993), Diehl y Sterman (1995), Barlas y Özevin (2004)	Individuos que experimentan en modelos de simulación (administración de inventario), variación de condiciones de complejidad de la tarea	Mayor complejidad de la tarea tiene, en la mayoría de los casos, efectos negativos sobre el desempeño, heurísticas de anclaje y ajuste
Paich y Sterman (1993)	Individuos que experimentan en modelos de simulación (administración de un nuevo producto), variación de condiciones de complejidad de la tarea	Mayor complejidad de la tarea afecta negativamente el desempeño, uso de heurísticas
Kampmann (1992), Arango (2006a y 2006b)	Mercados de <i>commodities</i> en juegos en red, variación de condiciones de complejidad de los mercados	Mercados más complejos afectan negativamente el desempeño, heurísticas de anclaje y ajuste
Moxnes (1998a, 1998b, 2000 y 2004)	Individuos que experimentan en modelos de simulación (administración de recursos renovables), variación de condiciones de complejidad del simulador	Sobreinversión y sobreexplotación de los recursos, mayor complejidad del ambiente afecta negativamente el desempeño, uso de heurísticas
Sweeney y Sterman (2000)	Entendimiento de dinámica básica utilizando cuestionarios	Dibujo de trayectorias erradas, posible evidencia del uso de la heurística correlacional
Ossimitz (2002) y Kainz y Ossimitz (2002)	Entendimiento de dinámica básica utilizando cuestionarios y problemas que requieren la habilidad de leer e interpretar gráficos y ayudas pedagógicas	Dibujo de trayectorias erradas, problemas en lectura e interpretación de gráficos, las ayudas pedagógicas para la comprensión de la dinámica básica afectan positivamente el desempeño
Cronin et al. (2009)	Entendimiento de dinámica básica (calentamiento global), variación de disponibilidad de ayudas gráficas	Dibujo de trayectorias erradas, efecto contraintuitivo de las ayudas gráficas, heurística correlacional, respaldo a racionalidad limitada
Moxnes y Saysel (2009)	Entendimiento de dinámica básica (calentamiento global), variación de ayudas pedagógicas para la comprensión del sistema	Sobrepaso de la meta de concentración de CO ₂ , las ayudas pedagógicas para la comprensión del sistema afectan positivamente el desempeño

Fuente: Adaptado de Castañeda y Arango, 2008.

3.2 MARCO TEÓRICO

Para la realización de este proyecto es importante tener claros algunos conceptos que se convierten en parte de su estructura teórica como lo son: el proceso de toma de decisiones, los heurísticos y reglas de decisiones que son aplicadas en el proceso de toma de decisiones, y el Modelo de crecimiento de mercado de una empresa de alta tecnología creado por Forrester (1968).

3.2.1 Toma de decisiones

El proceso de toma de decisiones consiste en seleccionar una opción entre dos o más alternativas disponibles para alcanzar un objetivo. También se refiere al modo en que las personas solucionan sus problemas en situaciones particulares. Este proceso tan importante se presenta a diario a través de diferentes contextos tales como: laboral, familiar, sentimental, empresarial, etc., además trae como consecuencia eventos que no son conocidos con certeza por los individuos al momento de elegir la opción.

Los individuos se caracterizan por utilizar su razonamiento, experiencias previas o métodos mentales para llevar a cabo la elección de la opción más favorable según el contexto. En ocasiones, se presentan situaciones en las que el individuo toma las decisiones de forma automática sin evaluar las consecuencias e implicaciones que tendrá la elección de una opción en particular frente a las demás opciones que se encuentran disponibles.

Según Forrester (1968): “El proceso de toma de decisiones está conformado por tres partes – La formación de un conjunto de conceptos que indican las condiciones deseadas, la observación de lo que parece ser la condición real y la generación de acciones correctivas para convertir las condiciones aparentes en condiciones deseadas”. Según lo anterior, los individuos recolectan la información disponible en el entorno, crean un estado ideal de la situación y toman decisiones según las diferencias que encuentran entre la situación real y la situación deseada, desconociendo en algunos casos los resultados que pueden generarse de acuerdo a su decisión.

Al interior de las empresas, los directivos deben tomar decisiones continuamente haciendo uso de políticas o reglas que permiten facilitar este proceso pero las cuales no son las mejores herramientas en algunos casos, debido a que generan un sesgo en el individuo que no permite medir las consecuencias de su decisión. Las reglas de decisión permiten que el individuo convierta la información disponible en acciones que sean útiles para la solución de problemas o respuestas a situaciones en particular, sin embargo, no aseguran un resultado óptimo.

3.2.2 Ambientes de decisión

Los ambientes de decisión están clasificados según el conocimiento y el control que el individuo tenga sobre las variables que están presentes en la situación en que se debe tomar la decisión. Entre estos ambientes podemos encontrar: ambientes bajo certidumbre y ambientes bajo incertidumbre.

- **Ambientes bajo certidumbre:** Se posee un amplio conocimiento de la situación experimentada ya que se cuenta con la información necesaria para su solución y las consecuencias que implicarán la escogencia de cada alternativa disponible. Los resultados obtenidos siempre serán conocidos por el individuo; por lo general, éste buscará elegir la opción que le genere mayores beneficios.

En algunas ocasiones, las opciones de solución poseen una probabilidad establecida para obtener un resultado específico, donde los individuos pueden hacer uso de modelos matemáticos que le permitan determinar cuál es la opción más conveniente; por otra parte, la persona puede hacer uso de la probabilidad objetiva, conocida como la posibilidad de ocurrencia tomada de estudios previos o cifras conocidas. Esta probabilidad permitirá estimar el resultado más favorable según el individuo.

- **Ambientes bajo incertidumbre:** Se posee información insuficiente sobre la situación experimentada, lo cual no permite que el individuo tenga control alguno sobre esta. Por otra parte, no se pueden conocer con certeza las consecuencias o resultados que se obtendrán con la selección de cada alternativa. En este tipo de ambientes no se tienen disponibles probabilidades para cada resultado esperado lo cual impide que el individuo aplique métodos matemáticos o probabilidades subjetivas para elegir la opción más favorable. Es posible que las personas logren plantear diferentes opciones de solución pero no se puede saber con seguridad qué ocurrirá en el futuro.

3.2.3 Heurísticos

Los heurísticos son procedimientos o tácticas rápidas y sencillas, utilizadas por el individuo de forma intuitiva para reducir el nivel de complejidad de un problema cognitivo. Estos procedimientos no se consideran de tipo lógico ya que en algunos casos se ignoran aspectos importantes de la información que se presenta, lo cual impide que el individuo realice un razonamiento adecuado que conduce a cometer errores en la toma de decisiones.

El heurístico más utilizado por los empresarios, en el caso de crecimiento de mercado, es el heurístico de anclaje y ajuste, ya que la compañía establece la capacidad deseada de acuerdo a ajustes numéricos de la capacidad que la compañía tiene actualmente disponible. La base conceptual de estos heurísticos se explica a continuación:

3.2.3.1 Heurístico de anclaje y ajuste

El heurístico de anclaje y ajuste consiste en basar la decisión en un valor inicial o punto de referencia dado por el problema o estimado por una operación matemática. Generalmente, el individuo ajusta este valor a medida que obtiene información nueva hasta llegar a una conclusión o valor final. Este heurístico permite que las decisiones se tomen de forma rápida de acuerdo a la experiencia que posee el individuo, sin embargo, en algunos casos se sesga la decisión de acuerdo al valor inicial generando resultados inadecuados. Un ejemplo para este heurístico es pedir a un grupo de personas que estimen la cantidad de población que existe actualmente en Colombia según un valor inicial, las personas ajustan el valor inicial ofrecido hasta llegar a su respuesta.

3.2.4 Racionalidad Limitada

Los humanos tienen habilidades limitadas para procesar la información por razones físicas y psicológicas, en general, los individuos captan sólo una pequeña fracción de la información que se encuentra disponible en el medio.

Las personas enfocan su atención a las señales que parecen más relevantes ignorando conscientemente las señales que son verdaderamente importantes. Un claro ejemplo de la limitación se presencia en situaciones de estrés, en donde la cantidad de información disponible puede recargar al individuo, disminuyendo la capacidad de procesar información en menor tiempo y obstaculizando a su vez el análisis de toda la información.

3.2.5 Modelo de crecimiento de mercado en una empresa de alta tecnología

El modelo de crecimiento de mercado es un modelo simple que busca analizar la teoría de racionalidad limitada y las reglas de decisión utilizadas por empresarios y gerentes al interior de una industria dedicada a la producción de programas de navegación para yates lujosos y aviones ligeros. Aunque el modelo representa el caso de una única empresa que compite en un mercado ilimitado, éste se puede

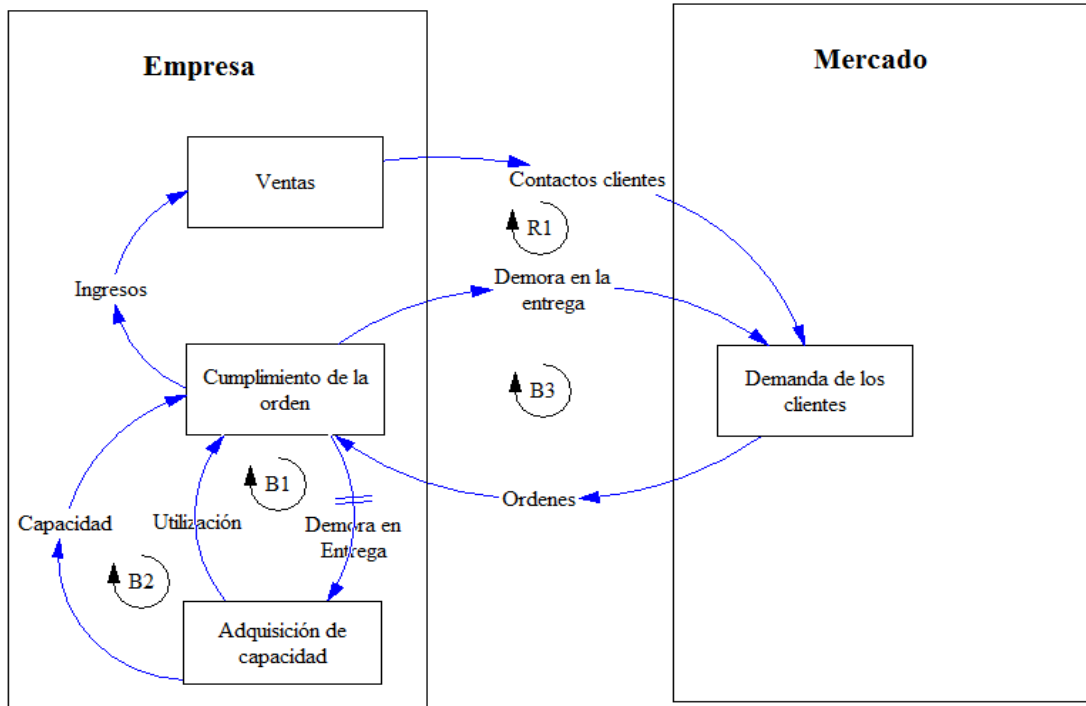
aplicar a diferentes organizaciones y sectores con el fin de obtener un aprendizaje sobre el proceso de toma de decisiones.

Forrester (1968) hace énfasis en que el éxito de las empresas radica en gran parte en las reglas de decisión utilizadas por los miembros administrativos; la mayoría de las veces estos toman medidas sin pensar en el impacto que generará su implementación, debido a la racionalidad limitada y la incapacidad de comprender la empresa como un sistema en su totalidad.

Al interior del modelo, los programas de navegación son desarrollados por la empresa y vendidos directamente a las firmas encargadas de producir yates y aviones ligeros como también a propietarios de naves marítimas. Las ventas son generadas por la fuerza de ventas con la que cuenta la compañía, la cual posee el conocimiento técnico necesario para convencer a los clientes de los beneficios que posee el producto.

La estructura organizacional de la empresa está compuesta por tres áreas principales: Ventas, Cumplimiento de Pedidos, y Adquisición de Capacidad. En el modelo el autor ha omitido algunas estructuras organizacionales como: Compras, Contabilidad, Recursos Humanos y relaciones con sus competidores para lograr que el modelo sea simple y claro.

Ilustración 1: Componentes del modelo de crecimiento de mercado



Fuente: Sterman, (2000).

Como se puede observar en la Ilustración 1, la estructura del modelo representa una empresa y su mercado objetivo. En ésta se exponen las múltiples interacciones existentes entre las variables teniendo como resultado la creación de un ciclo reforzador R1 que retroalimenta las relaciones entre la demanda, el cumplimiento de las órdenes y las ventas, además el modelo está conformado por tres ciclos balanceadores: B1, B2 y B3, los cuales logran un equilibrio entre las relaciones de las diferentes variables. En el ciclo balanceador B1 se puede notar que a medida que aumentan las órdenes y la necesidad de cumplir con estas, se presenta un equilibrio al disminuir la demora en las entregas por medio de la adquisición de más capacidad instalada al interior de la planta. El ciclo balanceador B2 logra establecer una estabilidad entre el cumplimiento de los pedidos, la demora de las entregas y la adquisición de la capacidad por medio del aumento en el uso de la capacidad disponible y por último, el ciclo balanceador B3 genera un equilibrio entre la demanda, la cantidad de órdenes recibidas y el cumplimiento de las órdenes por medio de la reducción de la demora en el tiempo de entrega.

Entre estas interacciones cabe destacar la importancia que posee el ciclo balanceador B3 debido a que permite que la empresa se acople a las necesidades del mercado por medio de la disponibilidad de producto para la demanda existente. Por otra parte, el aumento que se presenta en la cantidad de pedidos genera un retraso en las entregas haciendo que algunos clientes inconformes por la calidad del servicio busquen otras empresas de la competencia para que suplan su necesidad a tiempo.

También se puede observar que los componentes de la estructura se trabajan individualmente, demostrando la existencia de una racionalidad limitada debido a que no se comprende el problema y las soluciones globalmente, si no que se busca el cumplimiento de cada objetivo o meta por separado sin tener en cuenta el impacto total. Cada componente hace uso de un número reducido de señales de información sin tener en cuenta la información potencial que se encuentra disponible en el medio, la cual podría generar mejores soluciones si se tomara en su totalidad, si se compartiera o diera a conocer entre los diferentes componentes que hacen parte de esta estructura.

Para representar la racionalidad limitada en este modelo, se puede tomar como ejemplo la decisión que efectúan los directivos sobre la ampliación de capacidad. La ampliación de la capacidad requerida toma como punto de referencia la disponibilidad de producto medida por el retraso que existe en las entregas, ignorando las ventas futuras que han sido estimadas por la organización y que pueden aumentar debido al aumento del personal en el área de ventas, por otra parte, dicha capacidad es adquirida de acuerdo a la capacidad deseada que requiere la compañía para cumplir con las entregas a tiempo, ignorando el tiempo que demora la adquisición de la capacidad.

4 DESARROLLO DE PROYECTO

4.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES

En los modelos de dinámica de sistemas se pueden encontrar dos tipos de variables que alimentan las interacciones del modelo conocidas como variables endógenas y variables exógenas.

Las variables endógenas son aquellas que están definidas al interior del modelo por medio de una fórmula o valor determinado preestablecido en la construcción de la estructura. Las variables exógenas son aquellas variables externas que toman valores dados por fuera del modelo, es decir, aquellas en las que el valor es establecido por la persona que realiza la simulación del modelo. Aunque estas variables son externas también pueden afectar los resultados generados por las variables endógenas debido a las relaciones existentes entre todas las variables definidas en el modelo.

En el modelo de Forrester se puede observar que todas las variables definidas son endógenas, ya que no se han establecido variables que les permitan a los individuos tomar decisiones y generar valores de acuerdo a su criterio. El modelo consta de treinta y seis (36) variables cuyas fórmulas se presentan en el Anexo 1. Variables de modelo crecimiento de mercado.

4.2 ESTRUCTURA CONCEPTUAL DEL MODELO

La estructura del modelo está compuesta por tres subsistemas que interactúan entre sí dando la dinámica de retrasos en las entregas, capacidad de producción limitada e incumplimiento en las órdenes recibidas por falta de capacidad. Entre estos subsistemas se tiene: el cumplimiento de pedidos, la adquisición de capacidad y la estructura de la organización, los cuales se explican con detalle a continuación.

4.2.1 Subsistema cumplimiento de pedidos

Al interior del subsistema de cumplimiento de pedidos se encuentran contenidas las variables correspondientes al procesamiento de pedidos puestos por parte de la fuerza de ventas. Entre estas variables se hallan: pedidos recibidos, pedidos pendientes, tasa de entrega de pedidos, retraso en la entrega, tasa de órdenes

enviadas y producción deseada, la cual se calcula de acuerdo a la cantidad de pedidos que se encuentran pendientes por producir.

4.2.2 Subsistema de adquisición de capacidad

El subsistema de adquisición de capacidad se encuentra constituido por variables que demuestran la necesidad que tiene la empresa de adquirir mayor capacidad para aumentar el cumplimiento de la entrega de pedidos. Entre estas variables existen algunas que generan presión sobre la capacidad deseada tales como: retraso en la entrega, demora en la entrega percibida por la compañía, presión para expandir la capacidad y efecto para expandir la capacidad, por otra parte se tienen las variables de capacidad deseada y la capacidad real de la compañía.

4.2.3 Subsistema de estructura de la organización

En el subsistema de estructura de la organización se encuentran las variables que representan el área de ventas de la compañía, se han ignorado otros departamentos con el fin de que el modelo sea simple. Entre estas variables se tiene: fuerza de ventas, tasa de contratación, costo por vendedor y el presupuesto de ventas, que representa una porción de los ingresos recientemente obtenidos por la compañía.

4.3 DIAGRAMA CAUSAL

En el diagrama causal presentado en la Ilustración 2 se dan a conocer todas las relaciones e interconexiones existentes entre las variables del modelo. Cada estructura se encuentra relacionada con el fin de analizar el comportamiento de todo el sistema y los impactos que tiene cada estructura sobre los resultados en general.

Las relaciones entre cada variable van acompañadas de la polaridad que existe entre estas, se ha definido una polaridad positiva (+) cuando las variables son directamente proporcionales, quiere decir cuando la variable independiente aumenta la variable dependiente también aumenta, y se ha determinado una polaridad negativa (-) en el caso de variables inversamente proporcionales, mientras la variable independiente aumenta la variable dependiente disminuye.

Se puede observar que el cambio de una variable impacta las variables consecuentes, como es el caso del efecto que tiene el aumento de la fuerza de

ventas sobre el cumplimiento de pedidos y la demora en las entregas. Cuando se aumenta la cantidad de vendedores pertenecientes a la compañía, aumentan los pedidos recibidos y los pedidos pendientes que no pueden ser procesados a tiempo debido a las limitaciones existentes en la capacidad, traen como resultado el aumento en los tiempos de entrega, pérdida de mercado y la necesidad de que la compañía contrate más personal para suplir las ventas perdidas por el servicio deficiente que se le ha brindado al cliente.

Por otra parte, el área de producción no cuenta con la capacidad requerida para el procesamiento de órdenes, generando aumento en el tiempo de entrega de pedidos terminados que a su vez causa una presión para adquirir mayor capacidad de acuerdo a la capacidad deseada.

Aunque la compañía cumple con la adquisición de la capacidad, los resultados se ven a largo plazo conservando la limitación en la capacidad y afectando de igual forma el servicio prestado a los clientes.

4.4 MODELO EN DINÁMICA DE SISTEMAS

En el modelo en dinámica se explicara el comportamiento

4.4.1 Estructura cumplimiento de pedidos

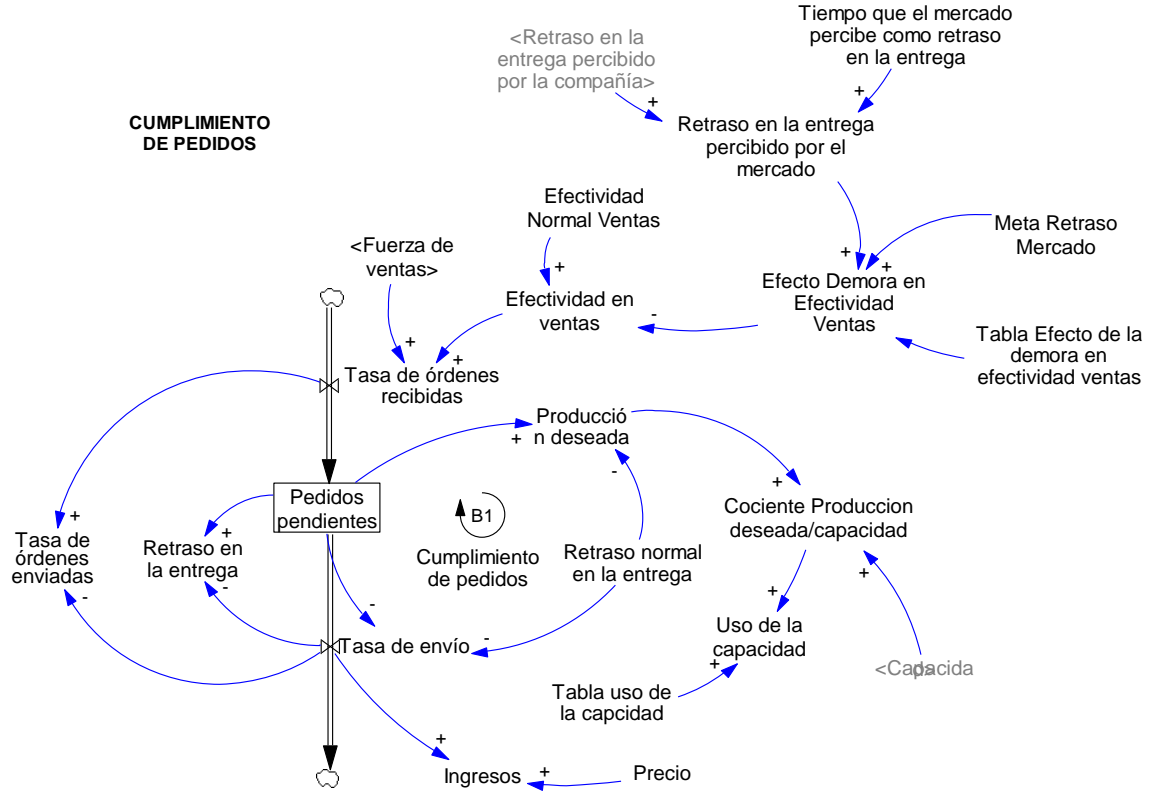
En el modelo de crecimiento de mercado, Forrester supone que la compañía trabaja en un sistema de producción bajo pedidos, en donde se presenta acumulación de órdenes y envíos de pedidos de acuerdo a la capacidad disponible con la que cuenta la empresa.

En la Ilustración 3 se puede observar el subsistema de cumplimiento de pedidos, el cual representa la interacción dada por los pedidos recibidos que son puestos en la empresa por parte de la fuerza de ventas. Los pedidos recibidos son medidos por una tasa de órdenes recibidas que pasan a ser pedidos pendientes debido a la acumulación de órdenes que se encuentran en cola y aún no pueden ser procesadas.

De acuerdo a la cantidad de pedidos pendientes y el retraso que la compañía presenta en la producción de órdenes, se debe disponer de una producción deseada la cual establece la capacidad ideal que debe tener la empresa para poder cumplir con todas las órdenes recibidas.

Por otra parte, se tiene el retraso en la entrega que corresponde al tiempo que se demora la compañía en procesar y enviar a sus clientes los productos terminados, ésta demora afecta el servicio y el cumplimiento de las órdenes recibidas lo cual produce insatisfacción y pérdida de nuevas órdenes.

Ilustración 3: Estructura cumplimiento de pedidos



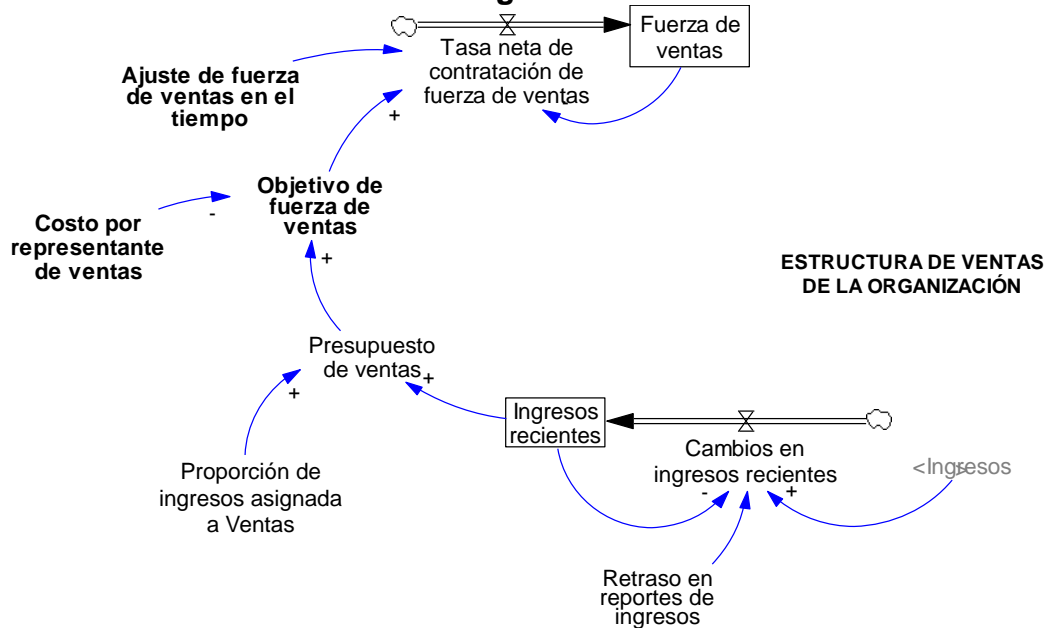
Fuente: Sterman (2000)

4.4.2 Estructura adquisición de capacidad

La Ilustración 4 representa la estructura de adquisición de capacidad. Al interior de ésta estructura existe un retraso generado en la entrega de las órdenes recibidas que es percibido por la compañía debido a la acumulación de órdenes y pedidos pendientes por procesar. La compañía normalmente posee un retraso de dos meses en la entrega, sin embargo, cuando el retraso es superior a este período, la compañía se ve presionada a aumentar su capacidad de producción actual para poder responder a toda la demanda de sus clientes. La presión para la expansión de la capacidad crea una capacidad deseada que corresponde a la capacidad necesaria para procesar todas las órdenes recibidas.

La capacidad deseada depende de la capacidad que posee actualmente la compañía creando un ciclo reforzador que ilustra claramente el heurístico de anclaje y ajuste, ya que los directivos se encuentran anclados al valor inicial que tiene la capacidad actual y de esta forma calculan la capacidad deseada, sin tener en cuenta estimaciones de ventas o datos históricos de pedidos.

Ilustración 5: Estructura de la organización



Fuente: Sterman (2000)

4.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados que se obtuvieron del modelo de crecimiento de mercado fueron adquiridos de acuerdo a corridas realizadas por los autores del proyecto en el software Vensim. Las corridas fueron realizadas para conocer el comportamiento del modelo y los resultados que generan las interacciones de las diferentes estructuras interconectadas al interior del modelo buscando tener una vista sistémica de la situación planteada.

Los resultados obtenidos se compararon con los resultados ilustrados en el libro Business Dynamics de Jonh Sterman (2000)⁵ para comprobar que el modelo fue construido correctamente y cumple con la dinámica propuesta por Forrester en el modelo original de crecimiento de mercados.

El análisis realizado se obtuvo a partir de las gráficas generadas por el software Vensim, en las cuales se observa el comportamiento de las variables con respecto al tiempo.

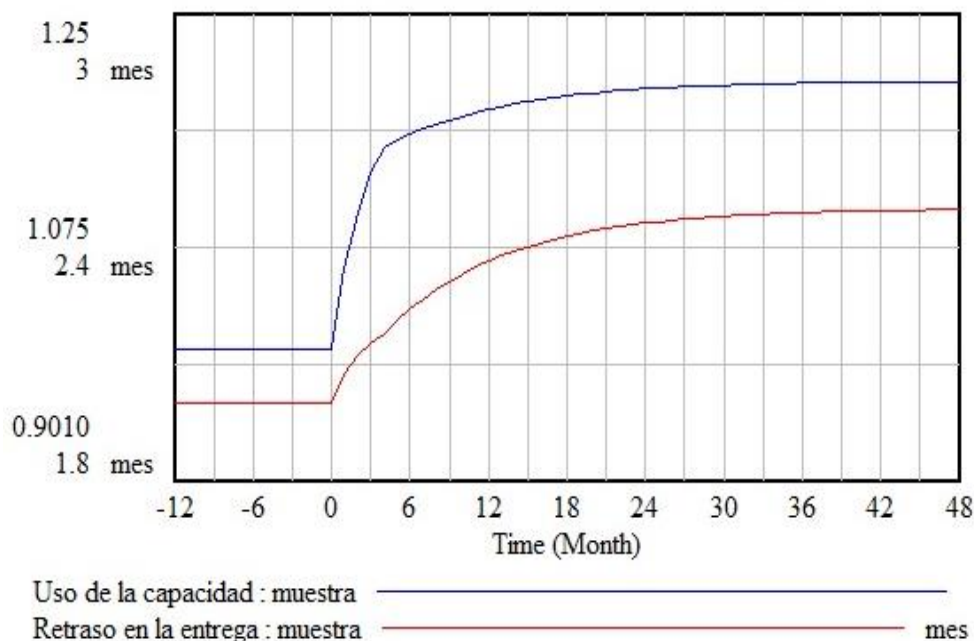
⁵ STERMAN, John D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, United States of America: McGraw-Hill, 2000, p. 605 – 624.

4.5.1 Análisis gráfico

Las variables correspondientes a: uso de la capacidad, capacidad deseada y retraso en la entrega, permiten observar la presencia de la racionalidad limitada que tienen los directivos de la empresa al momento de tomar decisiones en la adquisición de nueva capacidad. En general, los directivos son reacios a realizar inversiones en aumento de capacidad debido a que representan grandes sumas de dinero que generaran resultados solo a largo plazo, además una vez realizada la inversión los directivos no podrán dar marcha atrás, lo cual representaría una pérdida financiera para la empresa en caso de que se tome la decisión equivocada.

En la Ilustración 6 se puede observar que el uso de la capacidad disponible afecta notablemente la demora en la entrega, a medida que el uso de la capacidad aumenta a través del tiempo las demoras en la entrega se hacen cada vez más altas debido a que la compañía está utilizando toda su capacidad disponible pero no es lo suficiente para procesar todos los pedidos que se tienen acumulados. Cuando la demora en la entrega es superior a dos meses que corresponde al tiempo máximo de demora permitido por la compañía, los directivos deciden aumentar la capacidad un 25% con el fin de disminuir las demoras, ignorando los pronósticos de ventas estimados por el área de ventas para decidir qué cantidad de capacidad necesitarán en el futuro, demostrando la incapacidad que tienen para analizar toda la información disponible.

Ilustración 6: Grafica uso de la capacidad vs. Retraso en la entrega

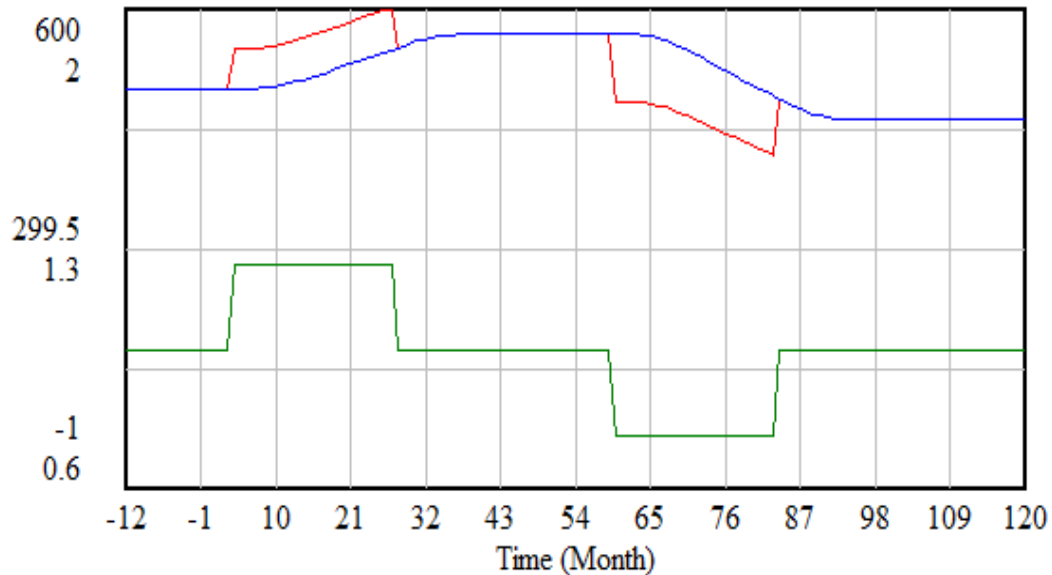


Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la demora en la entrega genera una presión para expandir la capacidad. La capacidad requerida se representa por medio de la variable capacidad deseada.

Como se puede observar en la Ilustración 7, a medida que la demora en la entrega aumenta se genera mayor presión para expandir y mayor capacidad deseada, generando a su vez una presión en los directivos para que aumenten la capacidad disponible; los directivos deciden aumentar la capacidad de acuerdo al valor de la capacidad deseado demostrando la existencia de un heurístico de anclaje que no permite analizar con exactitud la cantidad de capacidad que requiere realmente la compañía de acuerdo a sus estimaciones futuras sino que ancla su decisión al valor generado por la capacidad deseada creando un ciclo de retroalimentación. En el momento en que los directivos deciden adquirir capacidad los tiempos en la demora de la entrega disminuye regulando la presión existente y la cantidad de capacidad deseada requerida.

Ilustración 7: Adquisición de capacidad vs. Presión para adquirir capacidad



Capacidad : Current —————

Capacidad deseada : Current —————

Presión para expandir la capacidad : Current —————

Fuente: Elaboración propia

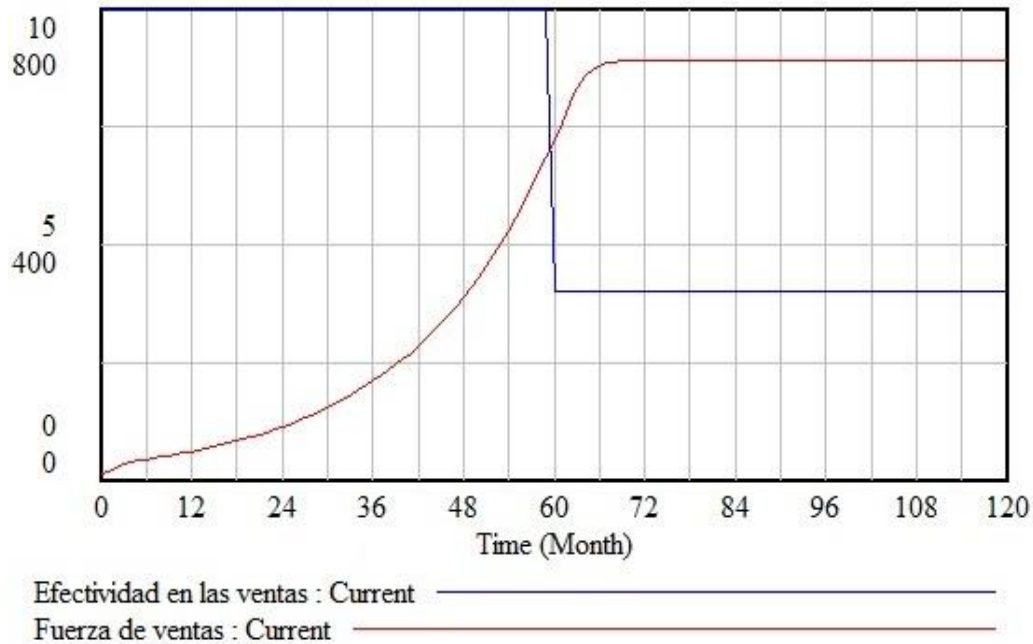
Las limitaciones en la capacidad afectan la entrega de los pedidos de los clientes, afectando el servicio al cliente y la percepción que tiene el mercado sobre la compañía. Al existir tantos incumplimientos el cliente decide buscar otras opciones de mercado que puedan suplir su necesidad a tiempo, causando una pérdida en la efectividad de las ventas, es decir, las ventas efectivas por cada vendedor.

Al disminuir la efectividad en las ventas, la compañía decide empezar a contratar más personal para el área de ventas con el fin de conseguir nuevos pedidos, sin

embargo, no toman en cuenta los problemas que se presentan en la capacidad causando nuevamente una acumulación de pedidos que se puede generar por el aumento de personal de ventas.

En la Ilustración 8 se encuentra representada la dinámica entre la fuerza de ventas y la efectividad de las ventas, evidenciando la existencia de una racionalidad limitada por parte de los directivos, los cuales ignoran la situación de limitación de capacidad y se enfocan solamente en la necesidad de adquirir nuevo personal para conseguir más clientes, mayores pedidos y mayores ingresos.

Ilustración 8: Efectividad en las ventas vs. Fuerza de ventas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las gráficas anteriores, se puede concluir que existe un heurístico de anclaje presente en la toma de decisiones de los directivos y una racionalidad limitada al momento de analizar la información que se tiene disponible para la toma de decisiones, dichos sesgos afectan notablemente la toma de decisiones efectivas y conllevan a que los individuos cometan errores y no se llegue a los resultados esperados o soluciones acertadas. Además es difícil para los individuos tener en cuenta el comportamiento de los múltiples escenarios que se presentan en el modelo debido a la incapacidad que existe para el análisis de todas las señales de información o la asimilación de un gran flujo de información.

5 CONSTRUCCIÓN MODELO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN LIMITADA

El modelo de capacidad de producción limitada fue construido con base en el modelo de crecimiento de mercado desarrollado anteriormente en el presente proyecto. Se utilizaron estructuras y variables similares, sin embargo, se anexó una estructura financiera y algunos parámetros que permitieran acercar las interacciones del modelo a la actualidad y evaluar de una forma más aterrizada la situación de la empresa por medio de indicadores financieros tales como: el flujo de caja y el cupo de crédito disponible en cada periodo por la empresa.

Para la construcción del modelo se definieron las variables del sistema, la estructura conceptual del modelo y el modelo en dinámica de sistemas donde se puede observar la retroalimentación entre las variables y la forma en que el comportamiento de cada estructura afecta los resultados totales del modelo.

5.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables utilizadas en el modelo desarrollado en Vensim corresponden a variables de tipo endógenas, ya que las fórmulas y valores de cada variable son definidos al interior del modelo, sin embargo, existen algunas variables exógenas que se tendrán en cuenta en la construcción del simulador de vuelo con el fin de capturar las decisiones tomadas por cada individuo durante el tiempo de simulación.

Las variables de tipo exógenas a utilizar en el simulador de vuelo son las siguientes:

- **Adquisición de capacidad:** Le permitirá al individuo decidir la cantidad de capacidad que debe adquirir en cada periodo para aumentar la capacidad disponible al interior de la empresa, disminuir notablemente la cantidad de pedidos pendientes y las demoras existentes en la entrega de pedidos la cual afecta el servicio al cliente y la percepción que el mercado tiene sobre la compañía.
- **Nuevos vendedores:** Le permitirá al individuo decidir la cantidad de vendedores que se deben contratar en cada periodo para disminuir la brecha de ventas (la diferencia entre la meta de ventas y los pedidos recibidos) y aumentar el flujo de caja operativo para disponer de mayor capacidad de endeudamiento para adquirir la capacidad requerida.

- Despido de vendedores: Le permitirá al individuo decidir la cantidad de vendedores que debe despedir por cada periodo para evitar una acumulación de personal y disminución de los gastos incurridos por pago de nómina.

5.2 ESTRUCTURA CONCEPTUAL DEL MODELO

El modelo de capacidad de producción limitada está constituido por cuatro subsistemas principales entre los cuales se encuentran: cumplimiento de pedidos, fuerza de ventas, adquisición de la capacidad y estructura financiera, los cuales se explican con detalle a continuación.

5.2.1 Subsistema Cumplimiento de pedidos

Al igual que el modelo de crecimiento de mercado, el modelo de capacidad de producción limitada cuenta con una estructura de pedidos en la cual se reciben las órdenes establecidas por los vendedores y pasan a ser un requerimiento de producción. Al interior de esta estructura se tienen las variables: pedidos recibidos, pedidos pendientes, demora en entrega y las variables correspondientes a la percepción que el mercado tiene de la compañía.

5.2.2 Subsistema Fuerza de ventas

El subsistema fuerza de ventas representa el recurso humano con el cual cuenta la empresa para generar órdenes de pedidos. Al interior de la estructura se encuentran variables tales como: nuevos vendedores, fuerza de ventas, metas de ventas y brecha de ventas (diferencia entre meta de ventas y pedidos recibidos).

5.2.3 Subsistema Adquisición de capacidad

La estructura de adquisición corresponde a la estructura más importante al interior del modelo ya que por medio de esta se tomarán las decisiones para el aumento de la capacidad que requiere la compañía. La adquisición de capacidad dependerá de la diferencia que existe entre la capacidad real y la capacidad deseada con el fin de conocer cuánta capacidad se debe adquirir para dar cumplimiento a los pedidos. Las variables más relevantes que constituyen la estructura son: capacidad de producción, capacidad de producción deseada,

ajuste de capacidad y los efectos de presión para adquirir capacidad, los cuales obligan a la empresa a aumentar su capacidad instalada con el fin de disminuir el incumplimiento de pedidos y las demoras en las entregas.

5.2.4 Subsistema Financiero

El subsistema financiero permitirá evaluar la situación económica de la compañía durante cada periodo teniendo en cuenta variables tales como: efectivo, gastos operativos, gastos totales, ingresos operativos, ingresos totales, préstamos, cupos de crédito, deudas, amortizaciones, flujo de caja operativo, entre otras.

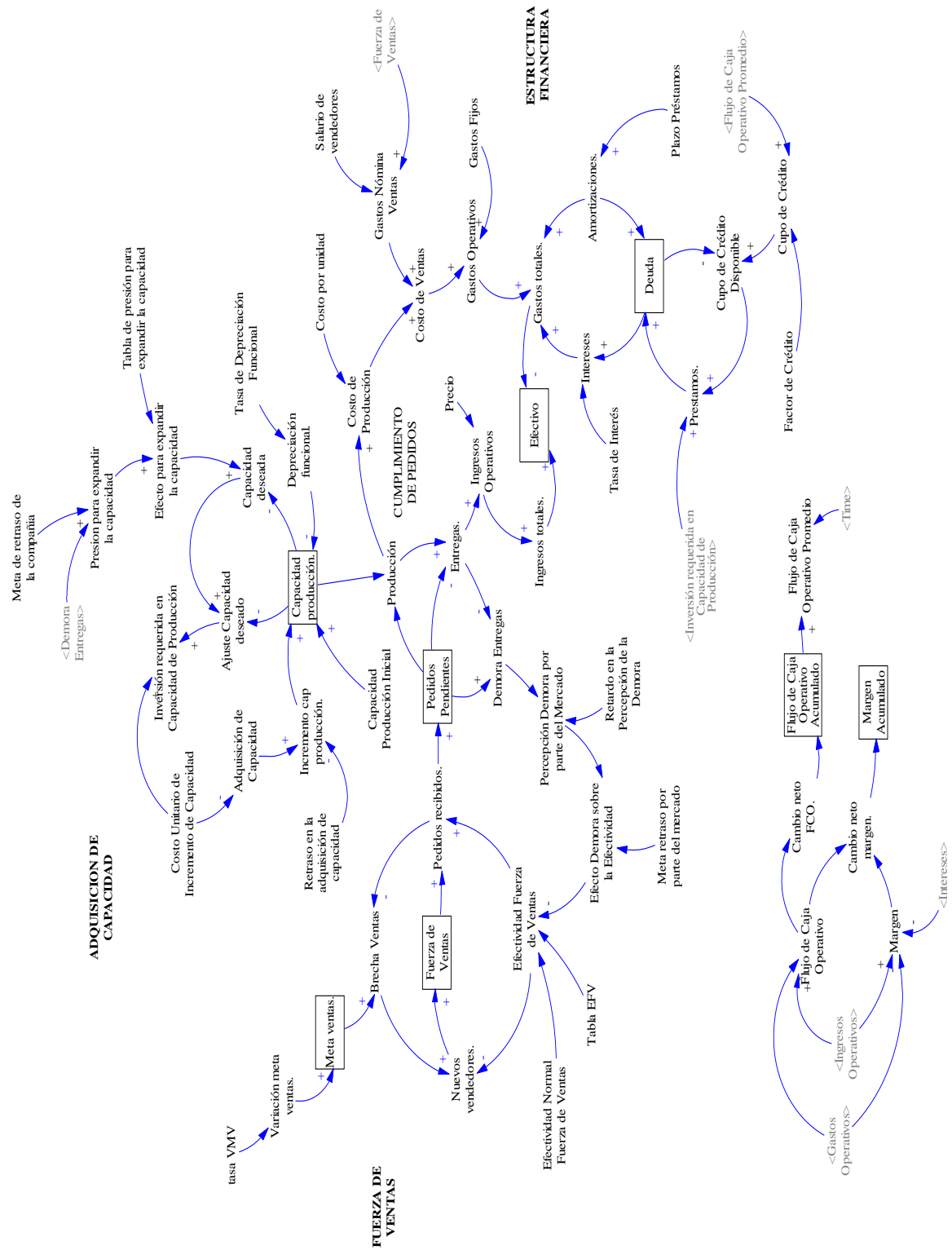
5.3 DIAGRAMA CAUSAL MODELO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN LIMITADA

En el modelo causal se pueden observar cómo las diferentes estructuras se encuentran interconectadas entre sí lo cual genera una dinámica continua al interior del modelo.

Las variaciones presentes en algunas de las estructuras pueden afectar simultáneamente los resultados de las demás variables, debido a la causalidad existente en todo el modelo. Por ejemplo, al existir un incumplimiento en las entregas de pedidos por la falta de capacidad de producción, la gerencia debe decidir cuanta capacidad debe adquirir de acuerdo al ajuste de capacidad deseado y al cupo de crédito que dispone la compañía en el momento. El cupo de crédito disponible le permite a la empresa realizar préstamos al banco e invertir en adquisición de capacidad. A su vez este cupo de crédito disponible depende del flujo de caja operativo promedio que se da gracias a los ingresos operativos obtenidos por las entregas de pedidos que realiza la compañía. Si se reduce la cantidad de entregas cumplidas la compañía no podrá aumentar su capacidad generando pérdida de clientes lo que podría llevarla a tener pérdidas financieras.

Por otra parte el aumento de la capacidad genera un cumplimiento en los pedidos y una disminución en las demoras en la entrega, sin embargo, si la compañía decide contratar mayor personal para ventas puede volver a generar la dinámica de pedidos pendientes y el incumplimiento de los pedidos retroalimentando continuamente el modelo.

Ilustración 9: Diagrama causal modelo de capacidad de producción limitada

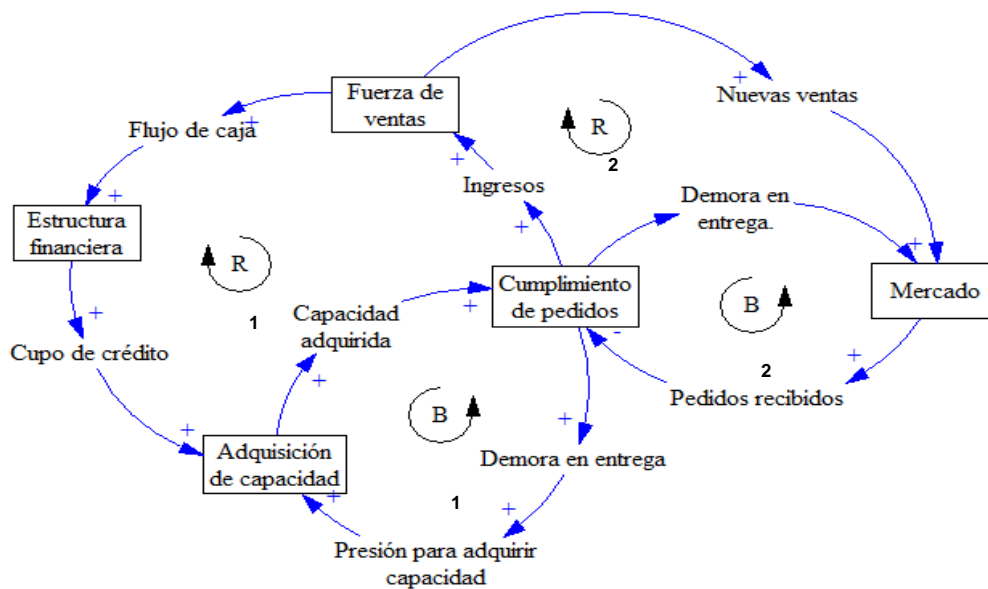


Fuente: Elaboración propia

5.4 MODELO DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN LIMITADA EN DINÁMICA DE SISTEMAS

En la Ilustración 10 se observan los diferentes ciclos existentes en el modelo de capacidad de producción limitada. El ciclo reforzador R1 representa la dinámica que se presenta cuando se generan más pedidos cumplidos, la compañía puede obtener mayores ingresos para contratar más personal que genere mayores pedidos recibidos, a su vez mayores ingresos que aumentan el flujo de caja operativo y generan un mayor cupo de crédito para adquirir más capacidad y lograr mayores pedidos cumplidos generando un ciclo continuo. En el ciclo R2 se puede observar que un aumento del personal genera nuevas ventas para la compañía permitiendo tener una mayor participación del mercado y una mayor cantidad de pedidos recibidos que generan más ingresos para que la compañía siga contratando personal. El ciclo balanceador B1 nos muestra como la demora en las entregas puede generar una presión para adquirir capacidad lo cual obliga a los directivos a adquirir más capacidad para que se generen mayores pedidos y se disminuyan las demoras en las entregas, logrando un equilibrio en la estructura, por otra parte el ciclo B2 nos expone el impacto que puede generar el aumento de los pedidos recibidos. Si la compañía cuenta con gran cantidad de pedidos recibidos puede ocurrir que haya una acumulación de pedidos generando demoras que afectan la percepción del mercado, disminuyendo la efectividad en las ventas por lo cual se disminuirían los pedidos recibidos y los ingresos para la compañía.

Ilustración 10: Modelo de capacidad de producción limitada



Fuente: Elaboración propia

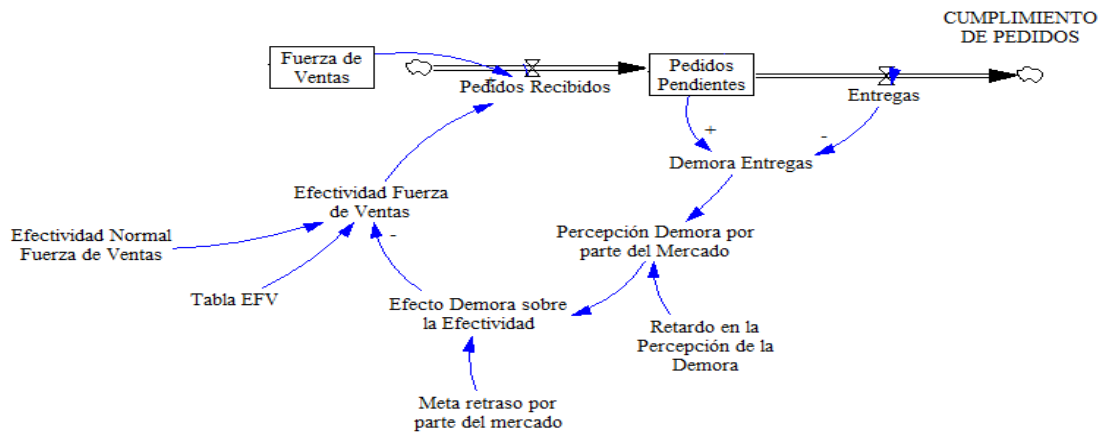
A continuación se describe en detalle el comportamiento que tiene cada estructura con el fin de entender su importancia al interior del modelo general.

5.4.1 Estructura Cumplimiento de pedidos

La empresa trabaja con un sistema de producción bajo pedidos, dichos pedidos son generados por la fuerza de ventas que posee la compañía para cada periodo. Los pedidos que son recibidos dependen directamente de la cantidad de vendedores y las ventas efectivas que pueden generar cada uno de ellos, dicha efectividad puede ser afectada por la percepción que el mercado tiene de la compañía, si la percepción es buena el asesor podrá generar mayores ventas por periodo, pero si la percepción es negativa debido al incumplimiento de pedidos y las demoras en las entregas, el cliente preferirá buscar otras empresas lo cual le dificulta a los asesores generar mayores pedidos para la compañía.

La Ilustración 11 representa la estructura de cumplimiento de pedidos de la compañía, la fuerza de ventas genera pedidos los cuales son medidos por medio de la variable pedidos recibidos, los pedidos recibidos se convierten en pedidos pendientes cuando se supera la capacidad de producción disponible para procesar cada pedido, generando una disminución en la cantidad de pedidos entregados y una aumento en la demora de cumplimiento de pedidos. La demora en la entrega de pedidos genera una percepción de demora por parte del mercado, esto quiere decir que el cliente percibe el servicio eficiente o deficiente generado por la compañía y decide si seguir o no comprando más productos, dicha percepción afecta notablemente la efectividad de la fuerza de ventas generando un aumento de los pedidos cuando la percepción es positiva o una disminución de los pedidos en caso de que la percepción sea negativa.

Ilustración 11: Estructura cumplimiento de pedidos



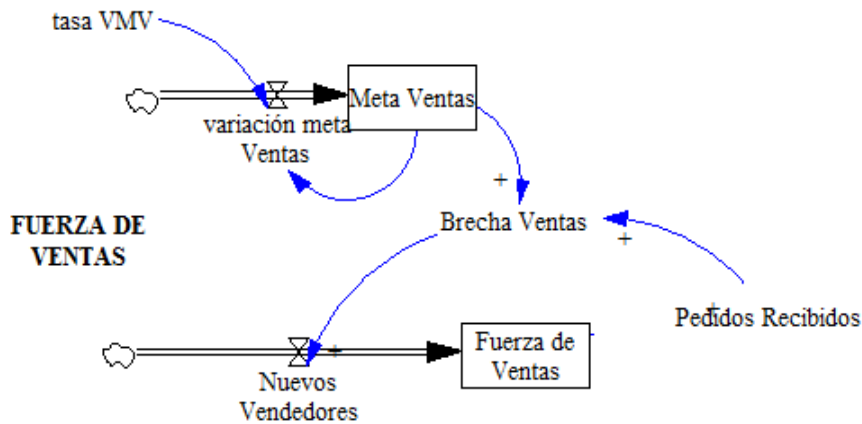
Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Estructura Fuerza de ventas

La estructura de fuerza de ventas representada en la Ilustración 12 está conformada por la variable de nivel fuerza de ventas, en donde se encuentra contabilizada la cantidad total de vendedores disponibles, teniendo en cuenta los vendedores que pertenecen actualmente a la compañía y los nuevos vendedores contratados.

La compañía cuenta con una meta de ventas por periodo la cual es actualizada por medio de una tasa de variación en las ventas creada por los autores del proyecto con el fin de generar un crecimiento de la meta de ventas en cada periodo, dicho crecimiento genera una diferencia con respecto a los pedidos esperados y los pedidos recibidos, conocida como brecha de ventas. Para poder disminuir dicha brecha la compañía debe contratar nuevos vendedores que generen mayores pedidos recibidos. La cantidad de vendedores a contratar se establece a partir del cociente entre la brecha de ventas y la efectividad de la fuerza de ventas ya que se debe contratar sólo la cantidad de vendedores que ayudarán a eliminar la diferencia.

Ilustración 12: Estructura fuerza de ventas



Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Estructura Adquisición de capacidad

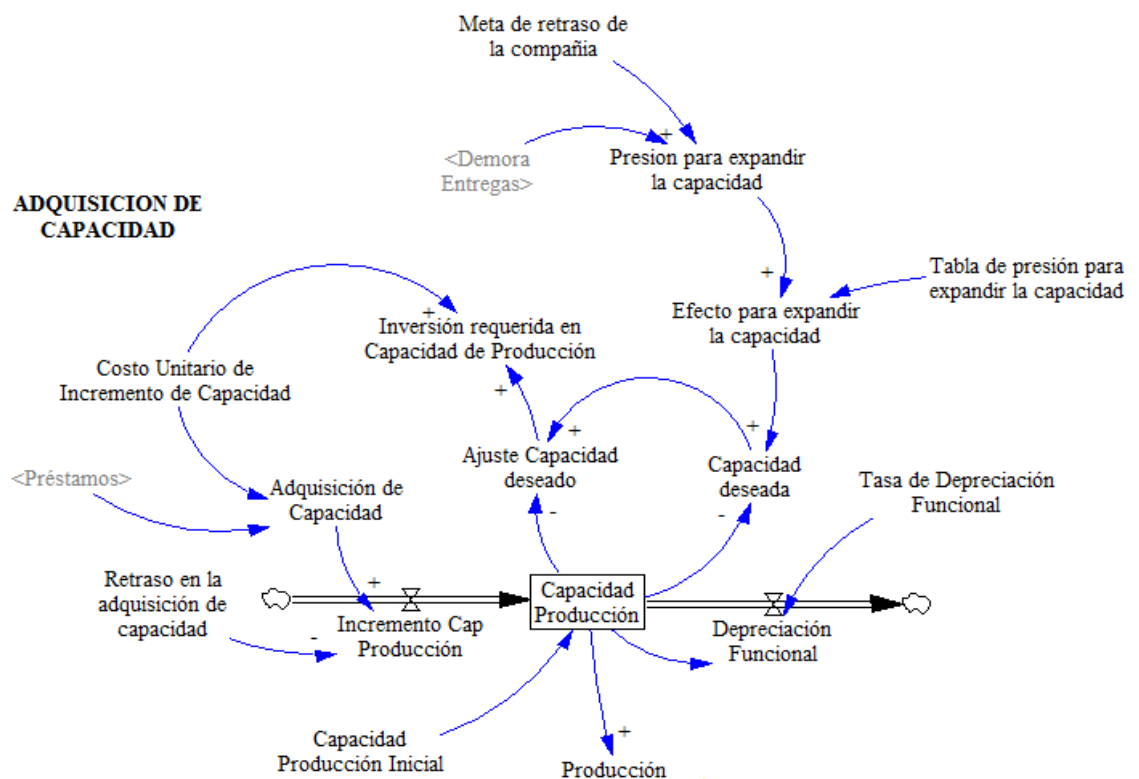
En la Ilustración 13 se puede observar la estructura de adquisición de capacidad la cual está conformada por la capacidad de producción disponible y la capacidad de producción requerida por la compañía.

Como se pudo observar en la estructura de cumplimiento de pedidos, el aumento en los pedidos puestos por los vendedores aumenta la cantidad de pedidos

pendientes por procesar generando a su vez aumentos en la demora de las entregas, dicha demora genera una presión para aumentar la capacidad de producción que es representada por medio de la variable capacidad deseada.

La diferencia entre la capacidad deseada y la capacidad actual genera un ajuste en capacidad que expresa la cantidad de capacidad que debe ser adquirida por la compañía a través de inversiones generadas por medio de préstamos bancarios. El monto de préstamos bancarios realizados a la compañía, permiten adquirir cierta capacidad de producción que incrementará la producción actual logrando pedidos procesados y entregados a tiempo.

Ilustración 13: Estructura adquisición de capacidad



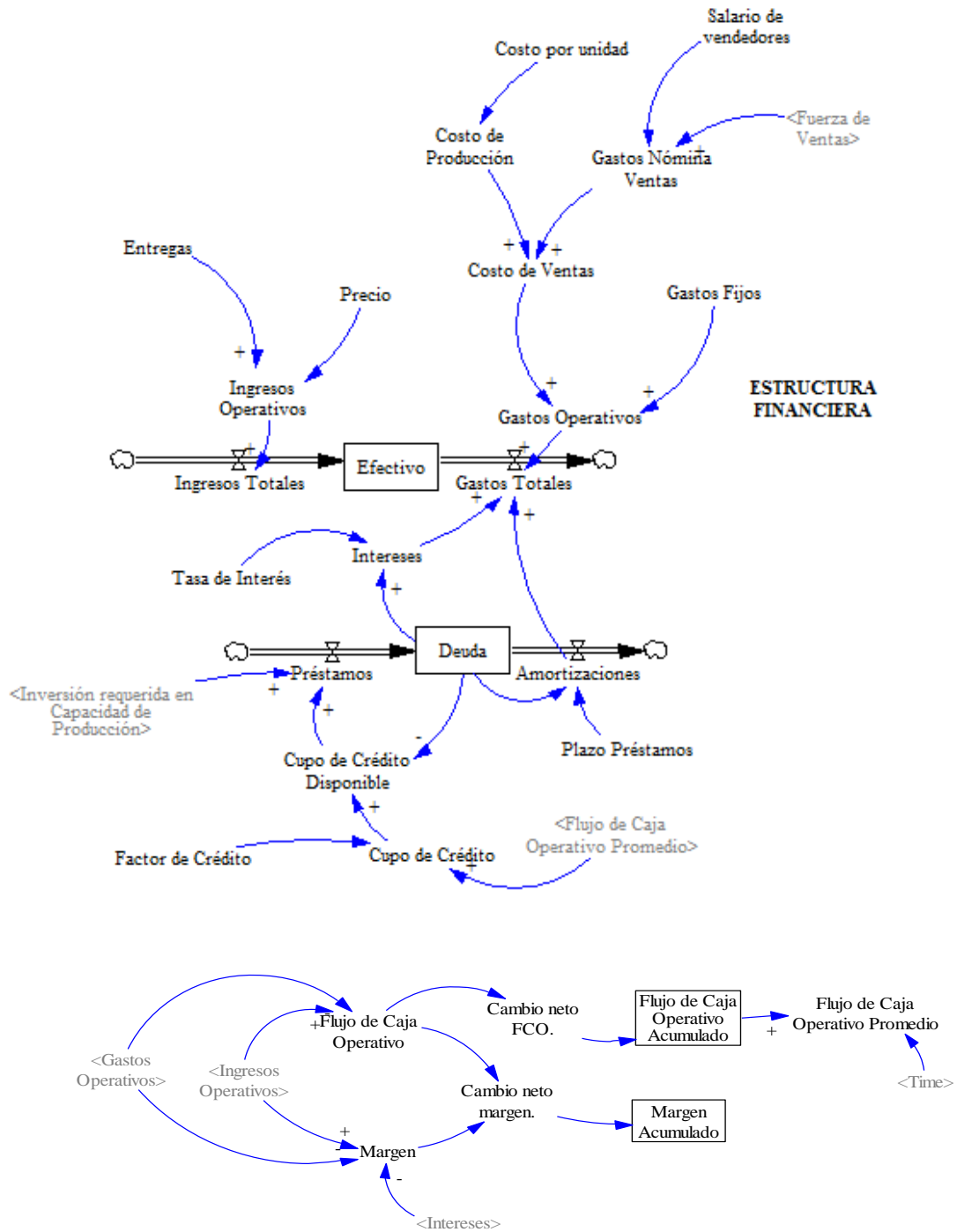
Fuente: Elaboración propia

5.4.4 Estructura Financiera

La estructura financiera representada en la Ilustración 14 es una estructura adicional agregada al modelo en comparación con el modelo de crecimiento de mercado, en ésta se establece el flujo de caja resultante para cada periodo de acuerdo a los ingresos operativos obtenidos gracias a las entregas de producto y los gastos operativos en los que incurrió la compañía en el periodo. El flujo de caja

operativo le permite a la compañía tener un capacidad de endeudamiento dada por la variable cupo de crédito que alimenta el monto de los préstamos que pueden ser adquiridos por la compañía para poder generar la inversión de capacidad requerida por la compañía de acuerdo a la cantidad de capacidad que se necesite en el periodo.

Ilustración 14: Estructura financiera



Fuente: Elaboración propia

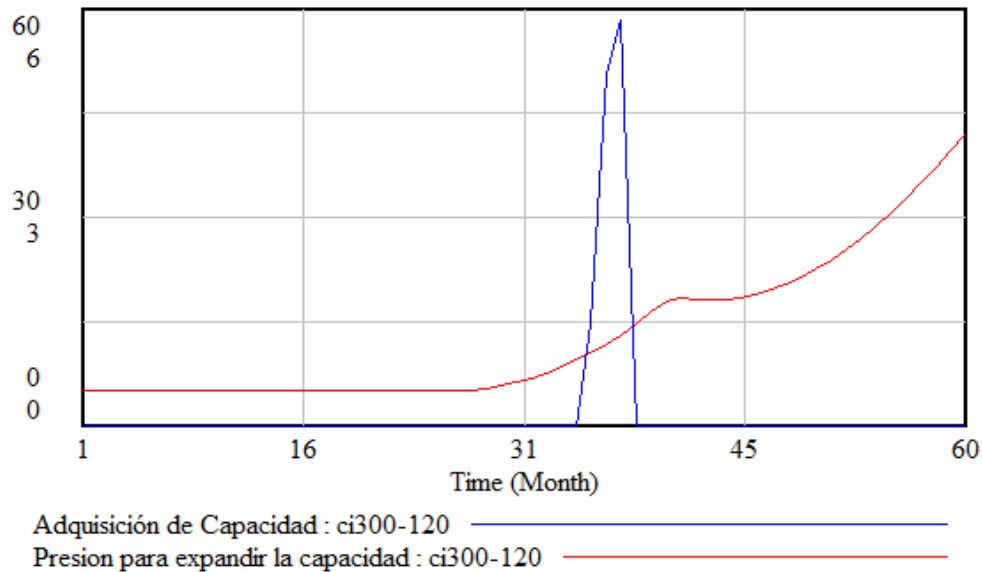
6 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en el modelo de capacidad limitada se generaron a través de corridas realizadas con el programa Vensim. Se estableció un periodo de simulación de sesenta meses con el fin de conocer ampliamente el comportamiento que posee cada una de las estructuras. Para lograr resultados aterrizados a la realidad se establecieron algunos parámetros diferentes a los establecidos en el modelo de crecimiento de mercado, entre estos están los costos de producción, los salarios de los vendedores, las tasas de depreciación de la producción, tasas de interés, entre otros.

En la ilustración 15 se realiza la comparación entre las variables adquisición de la capacidad y presión para adquirir mayor capacidad, la última se genera por la demora en las entregas. Se debe tener en cuenta que las adquisiciones de capacidad no se realizan de forma inmediata al interior del modelo, se ha determinado una demora equivalente a seis meses porque generalmente las compañías no adquieren capacidad en el momento en que surge la necesidad de ampliarla, debido a que ésta es una decisión que toma tiempo para su implementación y requiere de una alta inversión.

Al inicio de la simulación la adquisición de capacidad de producción es nula debido a que no se presenta una presión para ampliar la capacidad, sin embargo, cuando se comienzan a presentar demoras en las entregas la compañía se ve en la necesidad de adquirir mayor capacidad para disminuir los incumplimientos. Una vez se adquiere la capacidad de producción la presión para expandir la capacidad disminuye, debido a que las demoras en las entregas también disminuyen y de ésta manera se obtiene un mayor cumplimiento en la entrega de los pedidos.

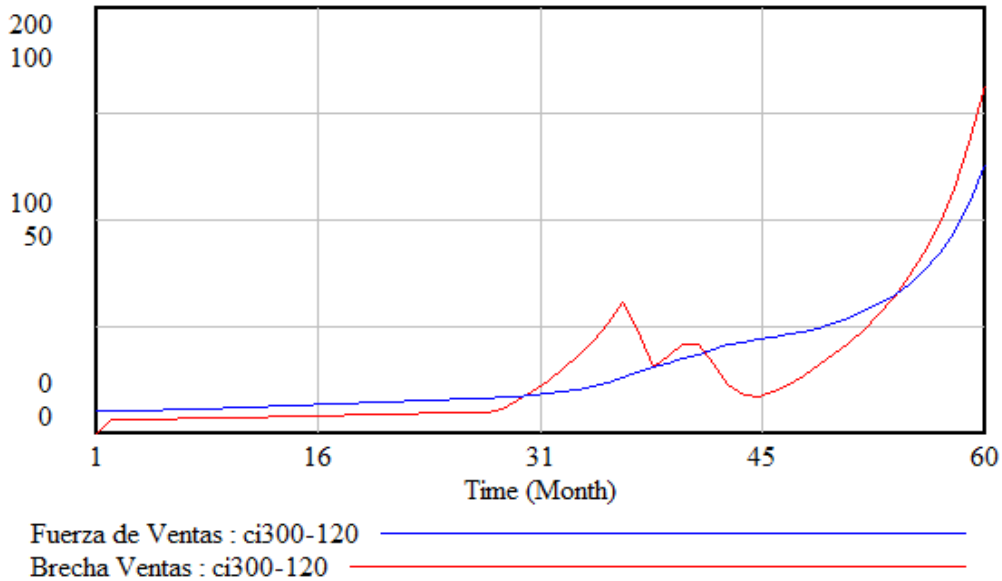
Ilustración 15: Adquisición de capacidad vs. Presión para expandir capacidad



Fuente: Elaboración propia.

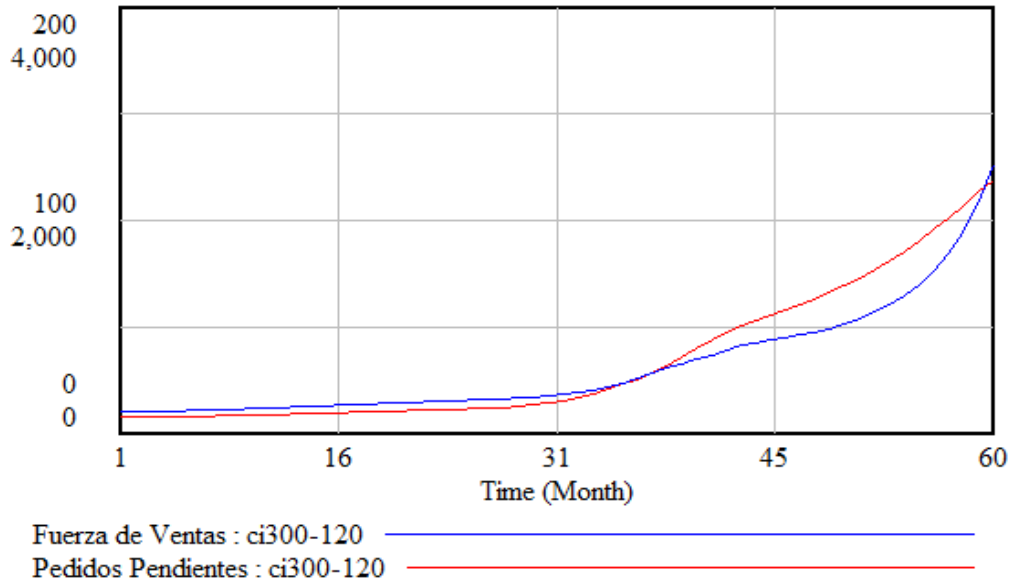
En la Ilustración 16 se observa una cantidad constante de vendedores al iniciar la simulación, sin embargo, cuando se presenta un aumento en la brecha de ventas (diferencia entre la meta de ventas y los pedidos recibidos), se hace necesario contratar más vendedores con el fin de generar mayores pedidos recibidos para disminuir dicha diferencia. Al contratar nuevo personal la brecha disminuye por algunos periodos, sin embargo, la acumulación de personal trae como resultado un aumento de los pedidos pendientes tal como se muestra en la Ilustración 16, generando una percepción negativa del mercado y perdiendo la efectividad en las ventas por lo cual la diferencia entre los pedidos estimados y los pedidos recibidos vuelve a aumentar. En este caso podemos ver la aplicación de la racionalidad limitada, para los directivos el mejor camino es contratar más personal aunque se ignoran las consecuencias que se pueden tener a largo plazo.

Ilustración 16: Brecha de ventas vs. Fuerza de ventas



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 17: Fuerza de ventas vs. Pedidos pendientes

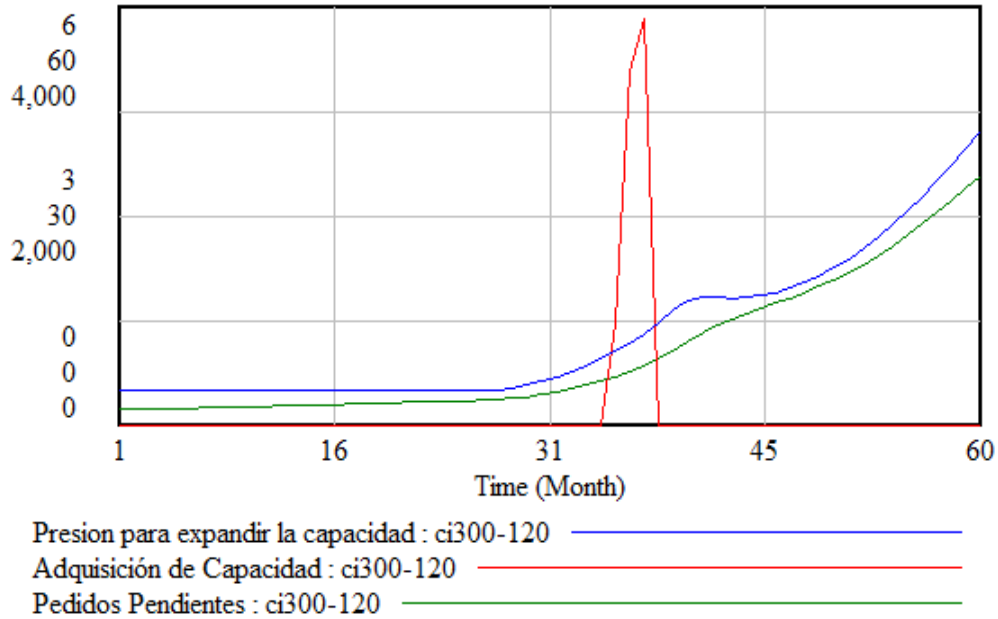


Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 17 se puede observar que el aumento de los pedidos pendientes aumenta las demoras en la entregas generando una presión para aumentar la capacidad, cuando la presión para expandir es lo suficientemente alta la compañía

invierte en adquisición de capacidad buscando disminuir los incumplimientos de pedidos, lo cual es imposible debido a que los nuevos vendedores contratados siguen generando mayores pedidos recibidos lo que conlleva a un aumento de los pedidos pendientes, las demoras en la entrega y la presión para adquirir capacidad.

Ilustración 18: Pedidos pendientes vs. Presión para expandir la capacidad vs. Adquisición de capacidad



Fuente: Elaboración propia.

7 SIMULADOR DE VUELO

El simulador de vuelo fue construido a partir del modelo de capacidad de producción limitada realizado en el software Vensim, el cual tiene como objetivo capturar las decisiones tomadas por un grupo de estudiantes pertenecientes a la clase de Pensamiento Sistémico de la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.

7.1 VARIABLES DE DECISIÓN

Las variables de decisión establecidas en el simulador están relacionadas con la capacidad de producción y la fuerza de ventas, con el fin de que el estudiante genere una estrategia para solucionar la situación de capacidad de producción limitada y cumpla el objetivo de maximizar el flujo de caja operativo de la compañía, cada variable de decisión fue representada por medio de botones deslizantes para capturar las decisiones del individuo en cada periodo

7.2 ESTRUCTURA DEL SIMULADOR

El simulador de vuelo, véase Ilustración 19, está conformado por:

- Botones deslizantes: adquisición de capacidad, nuevos vendedores y despido de vendedores que representan las variables de decisión.
- Indicadores: capacidad adquirible, brecha de ventas, fuerza de ventas, flujo de caja operativo y efectivo, los cuales dan a conocer la dinámica del modelo a medida que se toman las decisiones.
- Gráficas: capacidad de producción vs. incremento de la capacidad, margen acumulado vs. Efectivo y meta de ventas vs. pedidos recibidos.
- Tablas de resultados: en las tablas de resultados se presenta un resumen de los resultados obtenidos en cada periodo de acuerdo a las decisiones que fueron tomadas por el individuo.

7.3 DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

Las simulaciones se realizaron con un grupo de cinco estudiantes, los cuales tomaron sus decisiones para un panorama de cinco años agrupados por trimestres

para reducir el tiempo de corridas y evitar que la simulación fuera monótona por la extensión del tiempo.

Para iniciar la simulación se les entregó a los individuos el paquete de instrucciones del simulador de vuelo presentado en el Anexo 5, se les dio un tiempo total de 15 minutos para que cada estudiante leyera las instrucciones y dieran a conocer las dudas que tenían sobre la actividad. Posteriormente, los autores del proyecto procedieron a mostrar el simulador en el tablero, se explicó cada una de las partes del simulador, las variables de decisión, los indicadores de resultados, las gráficas y la tabla de resultados. Además se realizó una simulación para dar un ejemplo de cómo utilizar la herramienta.

Luego de dar las explicaciones se le permitió al grupo de estudiantes hacer varios ensayos con el simulador de vuelo durante 30 minutos, pidiéndoles que no exportaran los datos generados por esas simulaciones ya que se buscaba que el estudiante se familiarizara con la herramienta. Una vez entendida la actividad, los estudiantes procedieron a realizar simulaciones durante una hora en la cual se exportaron las simulaciones que contaran con el flujo de caja más alto obtenido por cada estudiante.

Ilustración 19: Interface simulador de vuelo

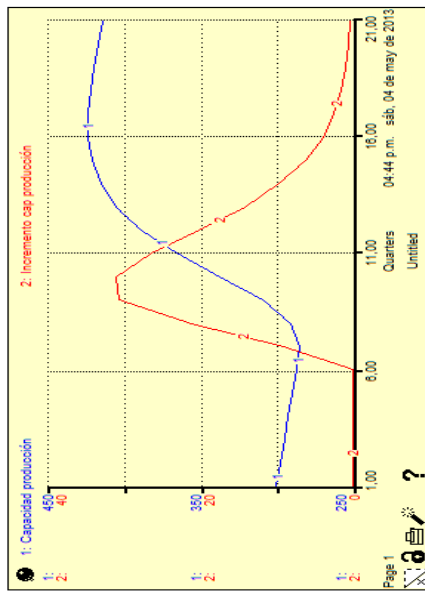
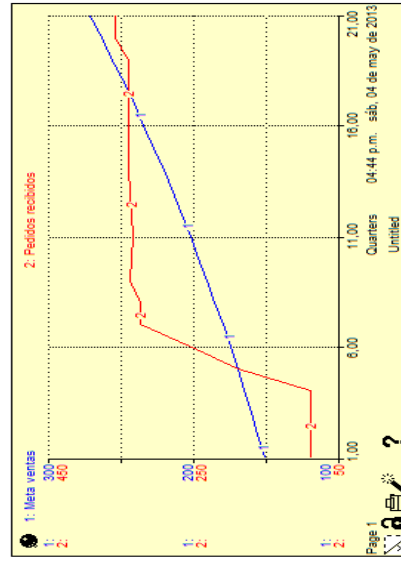
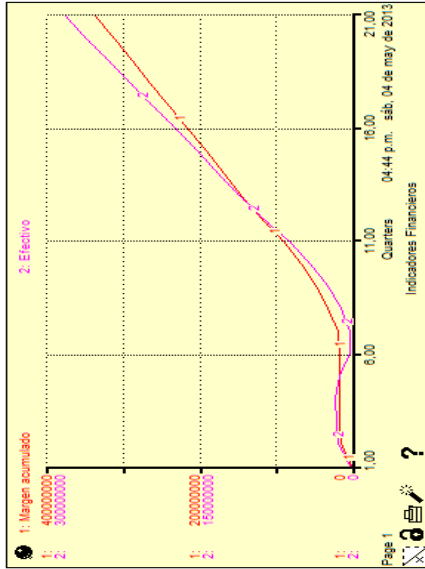


Table 1: p | (Untitled Table)

Quarters	Capacidad Adquirible	Capacidad Adquirible T	Capacidad producción	Deuda
9	0,00	0,00	337,08	108
10	0,00	0,00	365,14	103
11	0,00	0,00	388,22	100
12	0,00	0,00	404,78	157
13	0,00	0,00	415,32	165
14	0,00	6,97	421,12	163
15	6,97	20,08	423,51	166
16	20,08	31,93	423,57	147
17	31,93	42,72	422,14	146
18	42,72	52,57	419,78	142
19	52,57	61,44	416,85	140
20	61,44	69,26	413,60	137

Adquisición de capacidad: 0 | 100

Capacidad Adquirible T: 69

Nuevos vendedores: 0 | 0

Brecha ventas: 98,1

Fuerza de Ventas: 21

Despido Vendedores: 0 | 5

Flujo de caja operativo: 23.647.057,5

Efectivo: 2.51363e+008

Fuente: Elaboración propia

8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS GRÁFICO

Para realizar el análisis de los resultados arrojados por la aplicación del modelo en los estudiantes de Maestría, se decidió realizar un análisis gráfico que permitiera proporcionar una clara evidencia del comportamiento de las decisiones que tomaron dichos estudiantes al momento de correr el modelo. Para ello, se decidieron comparar tres variables que son: brecha de ventas, adquisición de capacidad y fuerza de ventas.

El objetivo es evaluar cómo una variable afecta la otra y si hay evidencia de los conceptos de racionalidad limitada y heurístico de anclaje.

Como parte del análisis, se tomaron las dos muestras más ilustrativas de cada comparación de variables para poder mostrar detalladamente los conceptos previamente mencionados.

8.1.1 Brecha de ventas vs. Fuerza de ventas

En la Ilustración 19 se puede ver que al inicio la variable brecha de ventas es negativa, esto quiere decir que la compañía no ha recibido una cantidad suficiente de pedidos para cumplir con la meta en ventas, por esta razón el individuo decide aumentar la fuerza de ventas contratando nuevos vendedores.

Conforme el horizonte de tiempo avanza, se puede ver que la brecha de ventas va aumentando de manera significativa generando un acercamiento a la meta de ventas que ha sido establecida por la compañía.

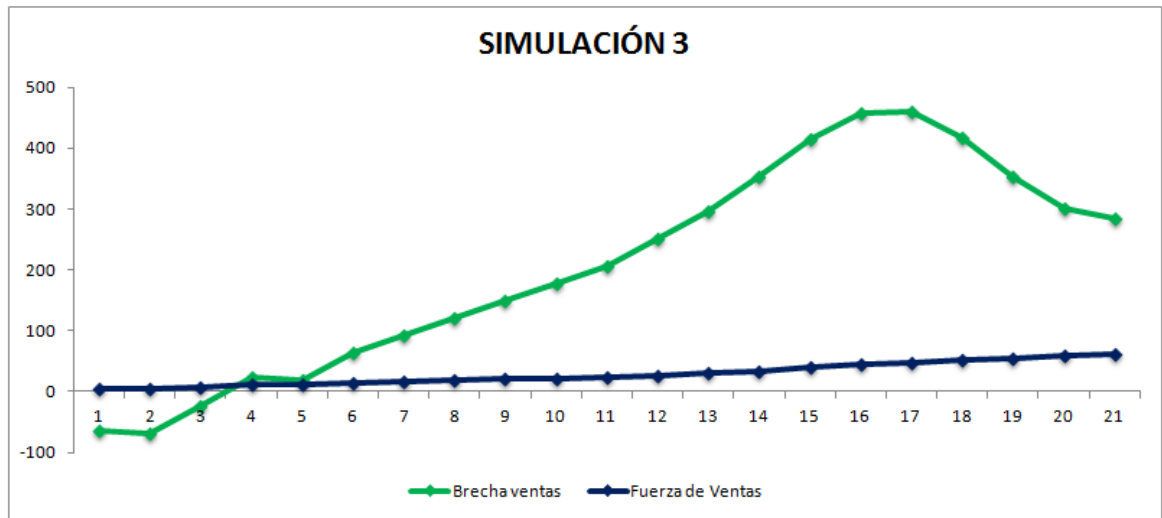
Posteriormente se puede ver que la brecha de ventas comienza a sufrir un declive porque hay una acumulación de vendedores, haciendo que la compañía llegue a un punto donde la capacidad con la que cuenta no sea la suficiente para procesar la cantidad de pedidos que recibe de sus clientes, y la curva correspondiente a la brecha de ventas comience a disminuir con respecto la meta de ventas establecida por la compañía.

El concepto de racionalidad limitada se ve involucrado cuando el individuo no prevé que el aumento en la fuerza de ventas, para cumplir con la meta de ventas, comienza a generar una disminución en el cumplimiento de las ventas debido a que no evalúa la capacidad que tiene la compañía para satisfacer los pedidos.

Adicional a esto, se genera una percepción negativa por parte del mercado dando como resultado una pérdida de clientes.

Por otro lado, el heurístico de anclaje se presenta porque el individuo toma como punto de partida el valor de la brecha de ventas para adquirir la fuerza de ventas.

Ilustración 20: Brecha vs. Fuerza de ventas



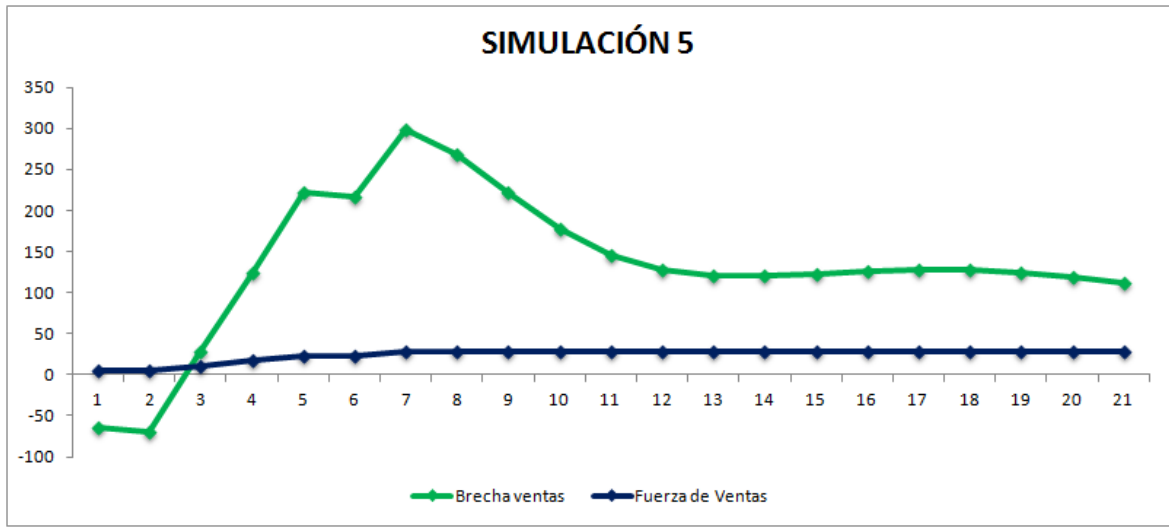
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 20 se puede observar que la brecha de ventas es negativa lo que indica que los pedidos recibidos no son suficientes para cumplir la meta de ventas establecida por la compañía, así que el individuo entiende la necesidad de ir aumentando su fuerza de ventas mediante el contrato de nuevos vendedores.

Al aumentar la fuerza de ventas es evidente que la brecha de ventas va aumentando su valor indicando que la compañía está recibiendo una cantidad considerable de pedidos para poder cumplir con su valor meta, sin embargo, la brecha de ventas llega a un punto donde aumenta lo suficiente de manera que la compañía es incapaz de satisfacer todos los pedidos por la capacidad con la que cuenta, así que el individuo decide no aumentar más su fuerza de ventas. Lo anterior, hace que el número de pedidos recibidos sea estable y se evite una acumulación de pedidos e incumplimiento en las entregas.

El concepto de heurístico de anclaje se ve involucrado debido a que el individuo tiene como punto de referencia el valor correspondiente a la brecha de ventas para poder contratar nuevos vendedores.

Ilustración 21: Brecha ventas vs. Fuerza de ventas



Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Brecha ventas vs. Adquisición de capacidad

La Ilustración 21 refleja un comportamiento negativo en la variable brecha de ventas para los primeros periodos de la simulación indicando un nivel bajo en el número de pedidos recibidos por la compañía, una de las razones es porque ésta no cuenta con la capacidad suficiente para procesar una cantidad considerable de pedidos y por ello el individuo decide adquirir capacidad.

Al aumentar la capacidad se puede ver un crecimiento significativo en la variable brecha de ventas mostrando que el número de pedidos aumenta porque la compañía tiene una capacidad mayor para recibir y satisfacer más pedidos por parte de sus clientes. Posteriormente, el individuo considera que ya ha adquirido la capacidad suficiente para procesar los pedidos y decide no adquirir más.

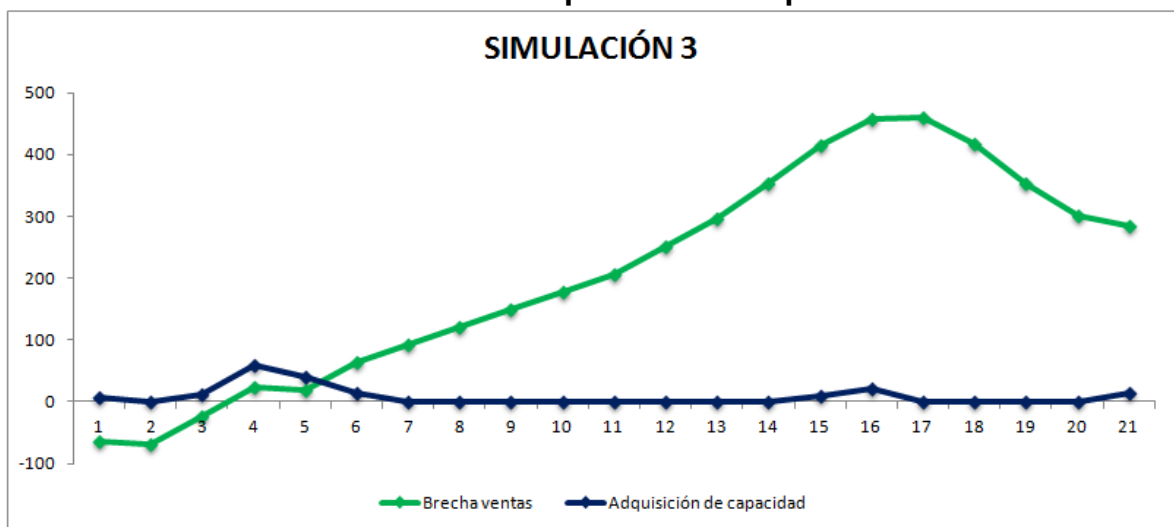
Con el tiempo se puede ver que la brecha de ventas sigue aumentando, esto hace que los pedidos recibidos superen la meta de ventas pero al mismo tiempo se genera un acumulación de pedidos, que con la capacidad actual de la compañía no se puedan procesar en el tiempo que lo exige el cliente. Por esto, el individuo decide adquirir capacidad una vez más haciendo que la variable brecha de ventas comience a tener un comportamiento más acotado y se acerque a la meta de ventas.

El concepto de racionalidad limitada está representado cuando el individuo no pronostica a largo plazo una acumulación de pedidos recibidos que no se logran

satisfacer por la falta de capacidad para procesarlos, haciendo que la brecha de ventas aumente notablemente.

El concepto de heurístico de anclaje se ve involucrado debido a que el individuo tiene como punto de referencia el valor correspondiente a la brecha de ventas para poder adquirir capacidad, es decir, al analizar que en un principio la brecha de ventas es negativa, porque no se recibe una cantidad suficiente de pedidos debido a la falta de capacidad para procesarlos, el individuo se ancla a éste valor para comenzar a adquirir la capacidad necesaria para poder normalizar la brecha de ventas de manera que se logre cumplir con la meta de ventas.

Ilustración 22: Brecha ventas vs. Adquisición de capacidad



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 22 también refleja un comportamiento negativo en la variable brecha de ventas al inicio debido al bajo nivel de pedidos que la compañía puede recibir y procesar. Por lo anterior, el individuo toma la decisión de adquirir capacidad.

Al hacerlo es evidente que el nivel para procesar los pedidos aumenta y por ello la compañía estará en mayor capacidad de aceptar más pedidos por parte de sus clientes, esto hace que la brecha de ventas se vuelva positiva de manera que va alcanzando su valor de meta de ventas.

Cuando la variable brecha de ventas ya ha crecido lo suficiente, el individuo considera que cuenta con la capacidad suficiente para procesar los pedidos de sus clientes y por ello decide no adquirir más capacidad. Con el tiempo se puede ver que la brecha de ventas comienza a declinar indicando que la compañía se está alejando de la meta de ventas por la falta de pedidos recibidos.

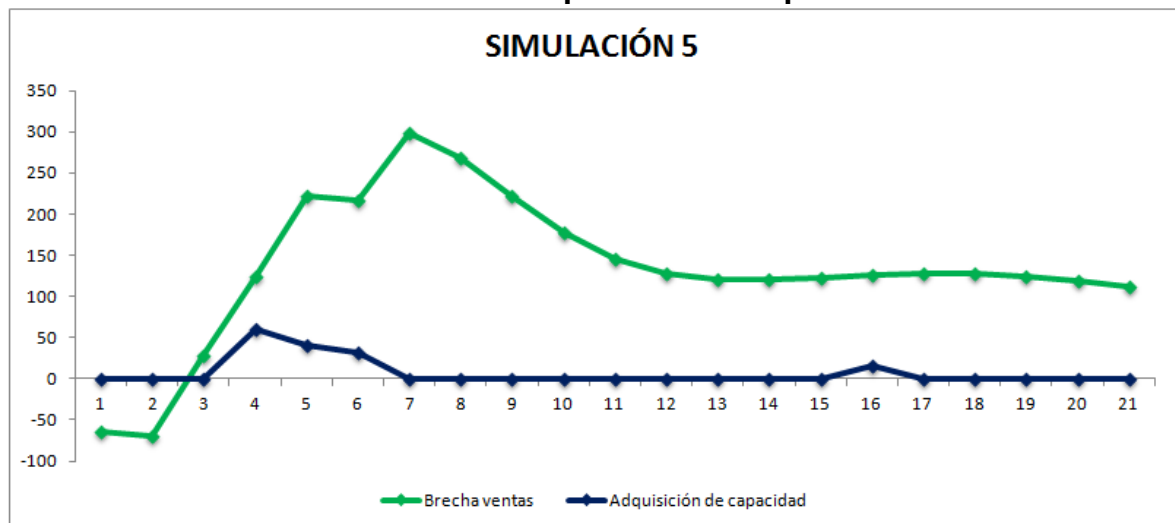
Dicha ausencia puede deberse a la falta de capacidad para procesar los pedidos así que el individuo decide adquirir nuevamente capacidad haciendo que la brecha

de ventas llegue a un punto estable señalando que la compañía puede procesar más pedidos pero sobre todo, satisfacerlos en el tiempo exigido por sus clientes.

El concepto de racionalidad limitada está representado cuando el individuo no prevé que largo plazo la creciente cantidad de pedidos recibidos no podrá ser satisfecha por la falta de capacidad. Sólo cuando evalúa que la compañía está recibiendo muchos pedidos pero no los puede procesar, es que el individuo toma la decisión de adquirir capacidad.

El concepto de heurístico de anclaje se ve involucrado debido a que el individuo tiene como punto de partida el valor correspondiente a la brecha de ventas para poder aumentar la capacidad. Con base a esto analiza cuánta capacidad considera necesaria adquirir para poder procesar los pedidos que recibe.

Ilustración 23: Brecha ventas vs. Adquisición de capacidad



Fuente: Elaboración propia

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las variables financieras introducidas en el modelo de capacidad de producción limitada nos permitieron tener un acercamiento más aterrizado a la forma en que las empresas llevan a cabo la toma de decisiones gerenciales.

A través del Simulador de Vuelo se detectaron diferentes estilos de toma de decisiones por parte de los individuos, ya que cada uno utiliza estrategias y metodologías diferentes.

Se recomienda siempre analizar de manera conjunta el comportamiento de las variables mediante un buen estudio de la situación y adquiriendo la mayor cantidad de información posible que pueda encaminar la decisión con los objetivos de la organización.

Al tomar decisiones los individuos no sólo se deben situar en el presente sino que deben considerar el horizonte de tiempo como una variable significativa para poder responder a los efectos no deseados que se puedan presentar por el nivel de incertidumbre a lo largo del tiempo.

El individuo debe evitar anclar sus decisiones en valores preestablecidos porque esto puede alterar los correctivos y medidas de acción que se planteen, haciendo que su decisión se limite y no tenga la posibilidad de explorar otras alternativas que puedan ser más viables para la solución del problema.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANGO, Santiago & CASTAÑEDA, Jaime. Una revisión de experimentos de laboratorio en la toma de decisiones en ambientes dinámicos complejos: métodos, diseños y resultados. En: Revista de Dinámica de Sistemas. Octubre 2008. Vol. 4, No. 2, p. 43.

AGUIAR, Fernando. Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos. En: Empiria, revista de metodología de Ciencias Sociales. 2004. No. 8, p. 139 - 160.

ARACIL, Javier. Dinámica de sistemas: Publicaciones de ingeniería de sistemas. Primera edición. España, editorial Isdefe, 2005. p. 7-67.

BARROS, Gustavo. Herbert A. Simon and the concept of rationality: Boundaries and procedures. En: Brazilian Journal of Political Economy. Julio 2010. Vol. 30, No 3, p. 455-472.

Capitulo 2: Toma de decisiones. [En línea].2012. [Citado 30-ago-2012] Disponible en internet:
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4010014/Contenidos/Capitulos%20PDF/CAPITULO%202.pdf>.

CORTADA, Nuria. Los sesgos cognitivos en la toma de decisiones. En: International Journal of Psychological Research. 2008. Vol. 1, No. 1, p. 68-73.

FARIÑA, Francisca, *et al.* Heurístico de anclaje en las decisiones judiciales. En: Psicothema. 2002. Vol. 2, No. 1, p. 39-46.

FERNANDEZ, José. Atajos mentales: Los heurísticos. [En línea].2012. [Citado 9-sept-2012] Disponible en internet:
<http://psicologiadebarrio.blogspot.com/2012/03/atajos-mentales-los-heuristicos.html>.

FORRESTER, Jay W. Market Growth as influenced by Capital Investment. En: Industrial Management Review.1968.Vol. 9, No. 2, p. 284.

KANHEMAN, Daniel. Mapas de racionalidad limitada para una economía conductual. En: Revista Asturiana de economía. 2003. No 28, p. 181 – 215.

KANHEMAN, Daniel. Pensar rápido, pensar lento. Debate, 2012.

La toma de decisiones. [En línea]. 2001. [Citado 10 septiembre 2012]. Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos12/decis/decis.shtml>. (Consultado el 1 de septiembre del 2012).

Los heurísticos. [En línea]. 2010. [Citado 9-sept-2012] Disponible en internet: <http://pensamientocritico.edicionespiramide.es/restringido/principal.htm>

PADGETT, John. The Bounded Rationality in Budgetary Research. En: The American Political Science Review, Jun 1980. Vol. 74, No. 2, p. 354-372.

RIO, Ariel. Juegos evolutivos y conducta moral: un análisis mediante simulaciones informáticas del surgimiento y justificabilidad de conductas no maximizadoras en contextos estratégicos. Trabajo de grado para optar por el título de doctor. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de filosofía. Departamento de filosofía del derecho, 2007, p. 369.

RITCHIE, James & MEMBRILLO, Anabel. Rompiendo las barreras funcionales: Una visión sistémica del mapa organizacional. En: Pensamiento sistémico. 2000. Vol. 10, No. 10, p. 6-7.

RITCHIE, James & MEMBRILLO, Anabel. Reconciliando las metas globales y locales: Una visión sistémica del mapa organizacional. En: Pensamiento sistémico. 200. Vol. 11, No. 2, p. 6-7.

SIMON, H. A. Rational Decision Making in Business Organizations. En: The American Economic Review. 1979. Vol. 69, No. 4, p. 493-513.

SIMON, H. A. Invariants of Human Behavior. En: Annual Reviews in Psychology. 1990. Vol. 41, No. 1, p. 1-20.

STERMAN, John. Business Dynamics: Systems Thinking and modelling for a complex world. Bogotá: Irwin/McGraw-Hill, 2000. p. 605 – 624.

Tema 5. La toma de decisiones de la empresa. [En línea]. 2009. [Citado 02-sept-2012]. Disponible en internet: <http://www4.ujaen.es/~cruiz/diplot-5.pdf>.

TVERSKY, A. & KAHNEMAN, D. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. En: Science, New Series, Vol. 185, No. 4157, p. 1124-1131.

TVERSKY, A. & KAHNEMAN, D. The Simulation Heuristic. En: Kahneman, D., Slovic, P. y Tversky, A. (Eds.). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. Cambridge, UK: Cambridge University.

Anexo 1: Variables modelo de crecimiento de mercado de Forrester.

Tabla 2 Variables subsistema cumplimiento de pedidos

Variable	Tipo de variable	Formula
Pedidos pendientes	Nivel	$f(\text{Tasa de órdenes recibidas} - \text{Tasa de envío})$
Tasa de órdenes recibidas	Auxiliar	Fuerza de ventas * Eficacia en las ventas
Tasa de envío	Auxiliar	Pedidos pendientes/ Retraso normal en la entrega
Retraso en la entrega	Auxiliar	Pedidos pendientes/Tasa de envío
Tasa de ordenes enviadas	Auxiliar	Tasa de órdenes recibidas/Tasa de envío
Producción deseada	Auxiliar	Pedidos pendientes/Retraso normal en la entrega
Retraso normal en la entrega	Constante	2
Uso de la capacidad	Auxiliar	Tabla uso de la capacidad(Cociente producción deseada/capacidad)
Tabla uso de la capacidad	Lookup	Datos (Uso de la capacidad, Producción deseada/Capacidad)
Cociente producción deseada/capacidad)	Auxiliar	Producción deseada/capacidad
Efectividad en las ventas	Auxiliar	Efectividad normal*efecto demora en la efectividad de las ventas
Ventas efectivas normales	Constante	10
Efecto de la disponibilidad en ventas efectivas	Lookup	
Ingresos	Auxiliar	Precio*Tasa de envío
Precio	Constante	10000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Variables subsistema adquisición de capacidad

Variable	Tipo de variable	Formula
Retraso en la entrega percibido por la compañía	Auxiliar	SMOOTH (Retraso en la entrega, tiempo que la compañía percibe como retraso en la entrega)
Tiempo que la compañía percibe como retraso	Constante	3
Presión para expandir la capacidad	Auxiliar	Retraso en la entrega percibido por la compañía/Meta de la compañía para retraso en la entrega
Meta de la compañía para retraso en la entrega	Constante	2
Efecto de la presión para expandir la capacidad deseada	Auxiliar	Tabla de presión para expandir la capacidad(Presión para expandir la capacidad)
Tabla de presión para expandir la capacidad	Lookup	Datos(Presión para expandir la capacidad)
Capacidad deseada	Auxiliar	Capacidad*Efecto de la presión para expandir la capacidad
Capacidad	Nivel	SMOOTH(Capacidad deseada, Retraso en la adquisición de capacidad)
Retraso en la adquisición de capacidad	Constante	18

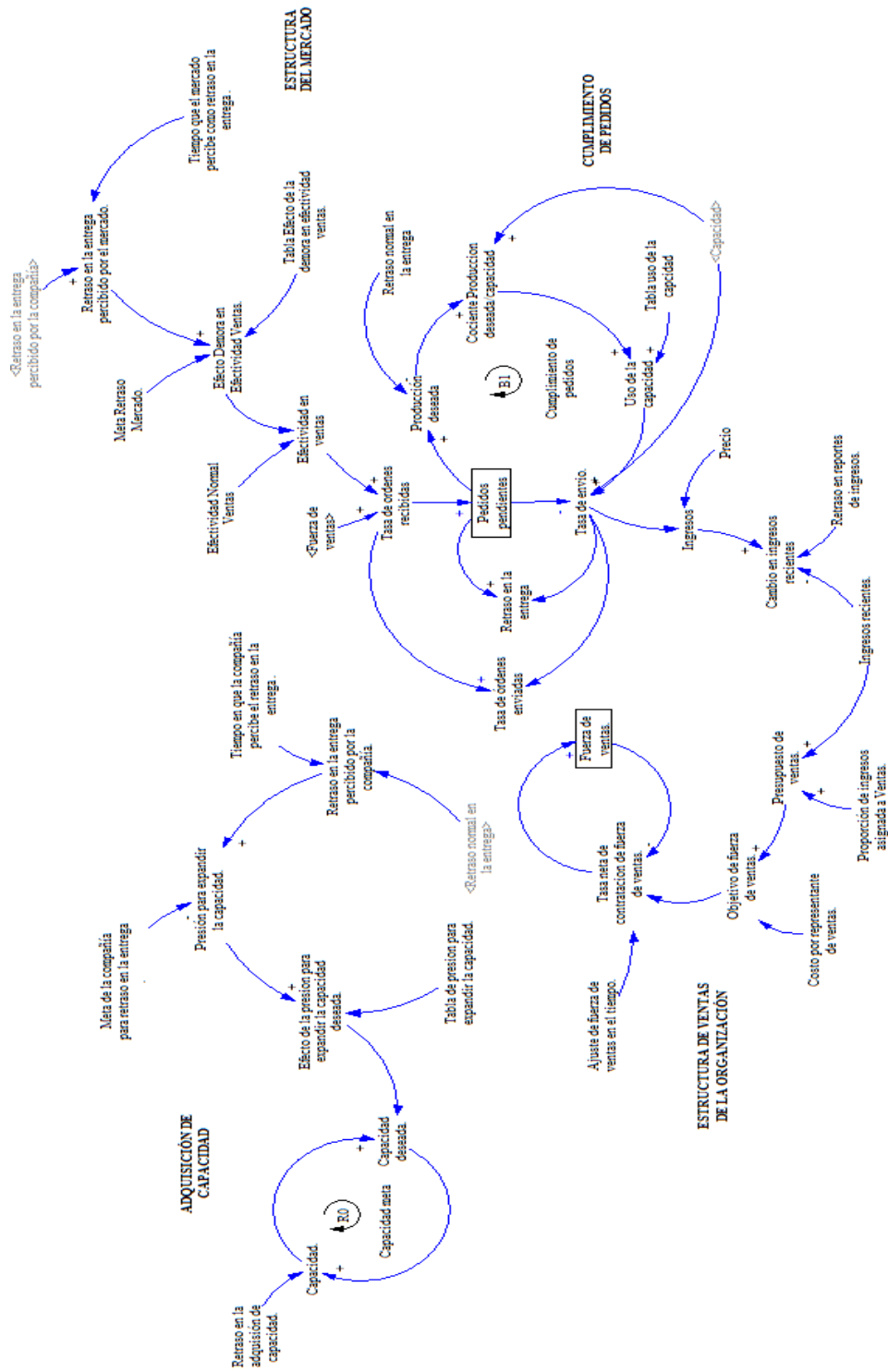
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Variables subsistema estructura de ventas

Variable	Tipo de variable	Fórmula
Fuerza de ventas	Nivel	Tasa neta de contratación de fuerza de ventas
Tasa neta de contratación de fuerza de ventas	Auxiliar	$(\text{Objetivo de fuerza de ventas} - \text{Fuerza de ventas}) / (\text{Ajuste de fuerza de ventas en el tiempo})$
Ajuste de fuerza de ventas en el tiempo	Constante	18
Objetivo de fuerza de ventas	Auxiliar	$\text{Presupuesto de ventas} / \text{Costo por representante de ventas}$
Costo por representante de ventas	Constante	8000
Presupuesto de ventas	Auxiliar	$\text{Proporción de ingresos por ventas} * \text{Ingresos recientes}$
Proporción de ingresos por ventas	Constante	0.2
Ingresos recientes	Nivel	Cambios en ingresos recientes
Cambios en ingresos recientes	Auxiliar	$(\text{Ingresos} - \text{Ingresos recientes}) / \text{Retraso en reportes de ingresos}$

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Diagrama causal modelo de crecimiento de mercado de Forrester



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Variables modelo de capacidad producción

Tabla 5: Variables subsistema cumplimiento de pedidos

Variable	Tipo de variable	Formula
Pedidos pendientes	Nivel	= Pedidos recibidos – entregas
Pedidos recibidos	Auxiliar	= Fuerza de ventas*efectividad fuerza de ventas
Entregas	Auxiliar	= Producción
Demora entregas	Auxiliar	= (Pedidos pendientes/ entregas)
Percepción demora por parte del mercado	Auxiliar	= Smooth(Demora entregas, retardo en la percepción de la demora)
Retardo en la percepción de la demora	Constante	= 3
Efecto demora sobre la efectividad	Auxiliar	= (Percepción demora por parte del mercado/ meta retraso por parte del mercado)
Meta retraso por parte del mercado	Constante	= 3
Tabla efectividad fuerza de ventas	Tabla	= Efecto demora sobre la efectividad*efectividad normal fuerza de ventas
Efectividad fuerza de ventas	Auxiliar	= Tabla EFV(efecto demora sobre la efectividad)*efectividad normal fuerza de ventas
Efectividad normal fuerza de ventas	Constante	= 10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Variables subsistema adquisición de capacidad

Variable	Tipo de variable	Formula
Capacidad de producción	Nivel	= Incremento cap. Producción - Depreciación funcional
Capacidad producción inicial	Auxiliar	=300
Depreciación funcional	Auxiliar	= Capacidad producción* Tasa de depreciación funcional
Tasa de depreciación funcional	Constante	= 0.009
Incremento cap. Producción	Auxiliar	= smooth(adquisición de capacidad, retraso en la adquisición de capacidad)
Retraso en la adquisición de la capacidad	Constante	= 18
Ajuste de capacidad deseado	Auxiliar	= Max(0, capacidad deseada - capacidad producción)
Capacidad deseada	Auxiliar	= capacidad de producción * (1 + efecto para expandir la capacidad)
Efecto para expandir la capacidad	Auxiliar	= Tabla de presión para expandir la capacidad (presión para expandir la capacidad)
Tabla de presión para expandir la capacidad	Lookup	
Presión para expandir la capacidad	Auxiliar	= Demora entrega/ Meta de retraso de la compañía
Meta de retraso de la compañía	Constante	= 2
Inversión requerida en capacidad de producción	Auxiliar	= Ajuste capacidad deseado* costo unitario de incremento de capacidad
Costo unitario de incremento de capacidad	Constante	= \$10.000.000
Adquisición de capacidad	Auxiliar	= Préstamos/ costo unitario de incremento de capacidad

Producción	Auxiliar	= $\min(\text{producción, pendientes})$	capacidad pedidos
------------	----------	---	-------------------

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 7: Variables subsistema fuerza de ventas

Variable	Tipo de variable	Formula
Fuerza de ventas	Nivel	= Nuevos vendedores
Nuevos vendedores	Auxiliar	= Brecha ventas/ efectividad fuerza de ventas
Brecha ventas	Auxiliar	= Meta ventas - Pedidos recibidos
Meta ventas	Nivel	= Variación meta ventas
Variación meta ventas	Auxiliar	= Meta ventas*tasa VMV

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 8: Variables subsistema Financiero

Variable	Tipo de variable	Formula
Costo por unidad	Constante	= \$600.000
Costo de producción	Auxiliar	= producción* costo por unidad
Salario vendedores	Auxiliar	= \$ 900.000
Gastos de nómina ventas	Auxiliar	= Fuerza de ventas* salario vendedores
Costo de ventas	Auxiliar	= Costo de producción + gastos de nómina ventas
Gastos fijos	Constante	= \$ 6.000.000
Gastos operativos	Auxiliar	= Costo de ventas + gastos fijos
Gastos totales	Auxiliar	= Amortizaciones + gastos operativos + intereses
Efectivo	Nivel	= Ingresos totales - Gastos totales
Ingresos Totales	Auxiliar	= Ingresos operativos
Ingresos operativos	Auxiliar	= Entregas * precio
Precio	Constante	= \$ 750.000

Tasa de interés	Constante	= 0.017
Intereses	Auxiliar	= Deuda * Tasa de interés
Deuda	Nivel	= Préstamos – amortizaciones
Amortizaciones	Auxiliar	= Deuda/ plazo préstamos
Plazo préstamos	Constante	= 60
Préstamos	Auxiliar	= min(cupo de crédito disponible, inversión requerida en capacidad de producción)
Cupo de crédito disponible	Auxiliar	= Max(0, cupo de crédito - deuda)
Cupo de crédito	Auxiliar	= Flujo de caja operativo promedio* factor de crédito
Factor de crédito	Constante	= 12

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Tablas con los resultados del simulador de vuelo aplicado en los estudiantes de Maestría

Tabla 9: Resultados de simulación 1

Periodos	Adquisición de capacidad	Brecha ventas	Fuerza de Ventas
1	51	-65	5
2	0	-70	5
3	11	-40	7
4	21	40	12
5	0	137	18
6	0	183	21
7	0	280	27
8	0	377	33
9	0	371	33
10	0	365	33
11	0	359	33
12	0	353	33
13	0	347	33
14	0	341	33
15	0	334	33
16	0	327	33
17	0	320	33
18	0	313	33
19	0	306	33
20	0	298	33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resultados de simulación 2

Periodos	Adquisición de capacidad	Brecha ventas	Fuerza de Ventas
1	0	-65	5
2	0	-70	5
3	0	-74	5
4	75	23	11
5	52	18	11
6	39	13	11
7	0	8	11
8	0	3	11
9	0	-3	11
10	0	-43	9
11	0	-49	9
12	0	-21	11
13	0	-27	11
14	0	69	17
15	0	62	17
16	0	55	17
17	0	48	17
18	0	41	17
19	0	34	17
20	0	26	17
21	0	18	17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Resultados simulación 3 7. Resultados simulación 3

Periodos	Adquisición de capacidad	Brecha ventas	Fuerza de Ventas
1	7	-65.00	5
2	0	-69.50	5
3	12	-23.14	8
4	60	23.09	11
5	41	18.17	11
6	15	64.11	14
7	0	92.89	16
8	0	121.52	18
9	0	149.98	20
10	0	178.28	22
11	0	206.41	24
12	0	251.36	27
13	0	295.96	30
14	0	352.13	34
15	10	414.38	39
16	20	458.02	44
17	0	459.50	48
18	0	417.93	51
19	0	353.31	54
20	0	301.74	58
21	15	284.29	62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Resultados simulación 4

Periodos	Adquisición de capacidad	Brecha ventas	Fuerza de Ventas
1	24	-65.00	5
2	0	-69.50	5
3	12	-74.14	5
4	0	-78.91	5
5	0	18.17	11
6	7	13.11	11
7	0	7.89	11
8	0	2.52	11
9	0	-3.02	11
10	0	-8.72	11
11	20	-14.59	11
12	33	64.36	16
13	0	160.14	22
14	21	255.72	28
15	0	249.11	28
16	0	255.45	29
17	0	243.20	29
18	0	229.52	29
19	0	216.45	29
20	0	204.94	29
21	0	195.08	29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Resultados simulación 5

Periodos	Adquisición de capacidad	Brecha ventas	Fuerza de Ventas
1	0	-65.00	5
2	0	-69.50	5
3	0	27.87	11
4	60	125.09	17
5	41	222.17	23
6	31	217.11	23
7	0	298.08	29
8	0	268.29	29
9	0	222.81	29
10	0	178.34	29
11	0	145.88	29
12	0	127.60	29
13	0	120.49	29
14	0	120.21	29
15	0	122.98	29
16	16	126.08	29
17	0	127.84	29
18	0	127.36	29
19	0	124.30	29
20	0	118.70	29
21	0	111.35	29

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: SIMULADOR DE VUELO CASO NAVIGATION SYSTEMS

INTRODUCCIÓN

NAVIGATION SYSTEMS es una compañía dedicada al desarrollo y comercialización de software de navegación para yates y avionetas. Sus clientes principales son empresas distribuidoras y dueños de este tipo de naves que desean mejorar su sistema de navegación. La compañía posee gran flexibilidad en su sistema de producción ya que trabaja bajo un sistema de pedidos y busca siempre satisfacer todas las necesidades de sus clientes.

A pesar de su gran flexibilidad, que constituye un factor de diferenciación en el mercado, la compañía posee una capacidad de producción limitada que no le permite responder de manera inmediata a los requerimientos de producto realizados por el cliente, lo cual ha generado inconformidades y pérdida de mercado debido a demoras en las entregas y al incumplimiento de pedidos.

Ante esta situación los directivos se encuentran preocupados por el futuro de la compañía, los empleados están en estado de incertidumbre por temor a que la compañía llegue a quebrar y pierdan su fuente de empleo lo cual ha hecho que muchos de sus asesores de ventas hayan decidido renunciar y buscar nuevos horizontes laborales, dejando al final un total de cinco asesores comerciales que no alcanzan a cubrir la totalidad del mercado.

Usted ha sido contratado como Gerente General de la compañía para generar un cambio radical y llevar a la empresa a la cima del éxito. Debido a sus grandes capacidades como profesional, se espera que la compañía salga de la crisis y obtenga excelentes resultados financieros; para lograr este propósito, usted debe tomar trimestralmente dos importantes decisiones para solucionar los problemas que se han presentado hasta el momento:

- **Decisión 1:** Usted debe decidir la capacidad que se debe adquirir para lograr que la empresa cumpla con todos los pedidos y requerimientos realizados por el cliente.
- **Decisión 2:** Usted debe decidir la cantidad de asesores comerciales que la compañía debe contratar para suplir la necesidad de personal, generar mayores ventas y apertura de nuevos mercados.

Su desempeño como Gerente de la compañía será evaluado si logra maximizar el flujo de caja acumulado al trimestre veinte.

TOMA DE DECISIONES:

La toma de decisiones se lleva a cabo por medio de dos botones deslizantes los cuales están representados por:

1. Adquisición de capacidad

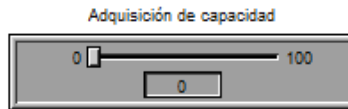


Figura 1. Botón deslizante adquisición de capacidad.

Por medio del botón deslizante **adquisición de capacidad** usted decidirá la cantidad de capacidad que va a adquirir por cada periodo para que la compañía pueda responder a todos los pedidos y se puedan disminuir las demoras en las entregas.

Tenga en cuenta que el valor actual de la capacidad de planta es de 300 unidades/mes.

La cantidad mínima que puede adquirir es cero.

La cantidad máxima que puede adquirir es cien.

Además existe una depreciación funcional que disminuye la capacidad de producción, la cual tiene tasa de 0.9% trimestralmente.

Se debe tener en cuenta que la máxima capacidad a adquirir depende del cupo de crédito que tenga disponible para invertir la compañía ya que, debido a la difícil situación financiera por la que pasa en el momento, no puede exceder su capacidad de endeudamiento. Es por esto que se ha definido un indicador llamado **capacidad adquirible** el cual muestra la capacidad que puede comprar la compañía de acuerdo al cupo de crédito disponible.

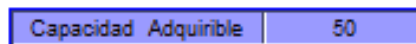


Figura 2. Indicador de capacidad adquirible

2. Nuevos vendedores



Figura 3. Botón deslizante nuevos vendedores

Por medio del botón deslizante **nuevos vendedores** usted decidirá la cantidad de vendedores que contratará en cada periodo para generar mayores ventas, mayores ingresos para la compañía y un flujo de caja operativo conveniente para la compañía.

*La cantidad mínima de nuevos vendedores que usted puede contratar es cero.
La cantidad máxima de nuevos vendedores que usted puede contratar es seis.*

Además el botón simulador permite incrementar de a una unidad.
Se debe tener en cuenta que los vendedores a contratar dependen de la diferencia que exista entre las ventas reales y la meta de ventas, por esta razón se ha definido un indicador llamado **brecha de ventas** el cual muestra dicha diferencia para permitirle tomar una decisión acertada.

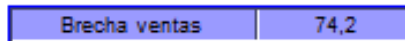


Figura 4. Indicador brecha de ventas

Como gerente también está en autoridad para despedir vendedores por medio del botón deslizante de despido de vendedores, para evitar la acumulación de personal en la fuerza de ventas.

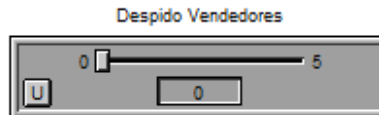


Figura 5. Botón deslizante despido de vendedores

Nota: Cada vendedor está en la capacidad de generar al menos cinco ventas al mes. *El salario por vendedor es igual a \$900.000. El costo de capacitación por cada vendedor nuevo es de \$300.000. El costo de despido de cada vendedor es de \$ 1'000.000.*

Señor(a) Gerente General, el futuro de la empresa está en sus manos, esperamos que tome las mejores decisiones en pro de la compañía.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

1. Descargue el simulador, desde la siguiente dirección: <http://goo.gl/lp4aJ>
2. Abra el programa **iThink** a través de (Inicio – Programas – Laboratorio industrial – iThink)
3. Abra el simulador en iThink a través de (File – Open – Simulador Navigation Systems)
4. Abra un archivo en Excel y nómbrelo por medio de *guardar como* con su nombre y apellido.
5. Corra el simulador sin buscar ningún objetivo para que logre familiarizarse con la dinámica.
6. Una vez se sienta cómodo comience a realizar simulaciones tomando las decisiones anteriormente descritas.

7. Cuando sienta que ha alcanzado buenos resultados exporte los datos al archivo de Excel a través de (edit. – export data). Ver figura 1.
8. Envíe el archivo de Excel con los datos al siguiente correo electrónico edna.aguirreh@gmail.com colocando en “asunto”: Pruebas de simulación.

Export Data

Export Data to an Excel Worksheet

Export Type

- One Time - Export data from the model without establishing a link
- Persistent - Export data from the model, establishing a link
 - On Demand - Update when requested by user
 - Dynamic - Update when data changes

Export Data Source

- Export all model variables
- Export variables in table: Table 1: p1

Interval:

- One set of values
- Every 1.000 Months
- Every DT - Export every intermediate value during the run
- Use table settings

Export Destination

Excel File Name: W:\ejemplo.xls

Browse...

Worksheet Name: Hoja1

Data

sales	Net Income	expenses
\$1,500.00	\$2,000.00	\$1,900.00

sales	\$1,500.00
Net Income	\$2,000.00
expenses	\$1,900.00

Cancel OK

Figura 6. Cuadro de diálogo para exportar datos de iThink a Excel