



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Evaluación de Estrategias de Crecimiento en la Industria del Software en Colombia con Dinámica de Sistemas**

**Sindy Johana Martínez Marín**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2013



# **Evaluación de Estrategias de Crecimiento en la Industria del Software en Colombia con Dinámica de Sistemas**

**Sindy Johana Martínez Marín**

Tesis de grado para optar al título de:  
**Magíster en Ingeniería de Sistemas**

Director:

Santiago Arango Aramburo., PhD

Línea de Investigación:

Investigación de Operaciones

Proyecto de Investigación:

Innsoftware II

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2013



## Agradecimientos

*"Cuando uno sueña intensamente, el universo entero conspira para hacerlo realidad"*

*Paulo Coelho*

A Dios, por brindarme la oportunidad de cumplir este sueño y regalarme la fortaleza necesaria para seguir adelante, pese a todas las dificultades encontradas en el camino.

A mi familia, mi novio y mis amigos, que se convirtieron en la principal motivación para continuar, gracias por el apoyo incondicional que me han brindado, por las fuerzas, la colaboración y comprensión, facilitando el cumplimiento de esta meta.

Al profesor Santiago Arango, por aportar sus conocimientos, dedicación, paciencia y apoyo permanente en cada una de sus asesorías y cursos, que incrementaron mi nivel de conocimientos y permitieron el desarrollo de competencias a nivel personal y profesional.

A Colciencias, la financiación otorgada al proyecto "Modelamiento y Simulación de Estrategias de Innovación para el Crecimiento de la Industria Colombiana del Software y su Ingreso al Mercado Exportador", en el marco del cual, se desarrolló esta investigación. De igual forma, se extienden los agradecimientos a Intersoftware (Red Colombiana de Empresarios de Software), investigadores, estudiantes y profesores de las Universidades participantes en el proyecto, por su activa participación en la realización de talleres, conversatorios y entrevistas, y por sus significativos aportes en este trabajo.

## Resumen

La Industria de Software ha presentado un crecimiento notorio a nivel mundial, evidenciado en la existencia de intereses gubernamentales, académicos y empresariales, que apuntan a que esta industria sea un factor central de desarrollo económico. La industria tiene como base el conocimiento, la innovación, la diferenciación y los servicios, donde el éxito de países de economías emergentes, impulsa la atraktividad para que nuevos países incursionen en este sector industrial. Colombia como país de economía en desarrollo ha incursionado en esta industria presentando un crecimiento moderado y por debajo de lo esperado. El sector podría impulsarse a través de la inversión en capacidades de innovación tecnológicas como solución a las barreras que limitan el crecimiento y al conocimiento limitado de la dinámica y complejidad de la industria. En este trabajo se presenta el análisis y la caracterización de la Industria del Software en Colombia, comparado con el desarrollo de esta industria en algunos países de ingreso tardío, especialmente de Latinoamérica. Para esto, se desarrolló un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas que permite evaluar los efectos de realimentación de las variables de la industria y el efecto directo en el crecimiento de las ventas, ocasionado por la inversión en capacidades de innovación tecnológicas, específicamente la I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico. Las simulaciones muestran que la inversión en capacidades de innovación, incrementan el nivel de ventas en porcentajes entre el 20% y 30%, con mayor efecto, al incrementar la inversión a niveles de inversión de referencia. Lo anterior permite establecer la relación de que a mayor inversión en estas capacidades, mayor efecto sobre las ventas.

**PALABRAS CLAVE:** Industria del software, modelamiento y simulación, dinámica de sistemas, capacidades de innovación tecnológicas, estrategias de crecimiento industrial.

## **Abstract**

The software industry has an evident growing at worldwide; this behavior has been evidenced in the strengthening of governmental, academic and business interests, to suggest that this industry is a key factor in the economic development. The development of this industry is based on knowledge, innovation, differentiation and services, where the success of emerging economies promotes the industry attractiveness for the entry of new countries in this industrial sector. Colombia as a country with developing economy has ventured into this industry, presenting a moderate growth and lower than expected. The sector could be enhanced through investment in technological innovation capabilities as a solution to the growth barriers and the limited understanding of industry's dynamics and complexity. This thesis presents the analysis and characterization of the Colombian Software Industry in comparison with the development of this industry in some late entrant countries, especially Latin-Americans. In this sense, the approach is the development of a simulation model using system dynamics, which allows the evaluation of feedback variables effects and the direct impact on sales growth, caused by the investment in technological innovation capabilities as the R&D, marketing and strategic direction. The simulations show the sales growth around 20% and 30% because of the investment in innovation capabilities, the greater effect is increasing the investment in these capabilities until the reference investment levels. This allows the relation: at increased investment in these capabilities, greater sales effects.

**KEYWORDS:** Software industry, modeling and simulation, system dynamics, technological innovation capabilities, industrial growth strategies

## Tabla de Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>2. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE</b> .....	<b>19</b>
2.1 ACTORES DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE .....	19
2.2 CONDICIONES DE COMPETENCIA EN LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE.....	22
2.3 LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN PAÍSES DE ECONOMÍA EMERGENTE	24
2.3.1 CAUSAS DEL DECLIVE DE LAS EMPRESAS DE SOFTWARE EN PAÍSES DE INGRESO TARDÍO.....	28
2.4 LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN AMÉRICA LATINA.....	29
<b>3. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN COLOMBIA</b> .....	<b>36</b>
3.1 INDICADORES DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN COLOMBIA .....	38
3.1.1 VENTAS NACIONALES.....	39
3.1.2 EXPORTACIONES .....	43
3.1.3 OFERTA (EMPRESAS) .....	44
3.1.4 DEMANDA .....	47
3.1.5 TALENTO HUMANO.....	48
3.1.6 DEBILIDADES .....	49
3.1.7 DESARROLLOS Y LOGROS.....	52
3.2 PROGRAMAS DE FORTALECIMIENTO Y CRECIMIENTO INDUSTRIAL NACIONAL.....	54
<b>4. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO INDUSTRIAL</b> .....	<b>58</b>
4.1 CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO ESTRATEGÍA DE CRECIMIENTO INDUSTRIAL .....	59
4.1.1 LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS.....	59
4.1.2 LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.....	61
4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICAS 63	
<b>5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>66</b>
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	66
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	66
<b>6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>67</b>
6.1 TALLERES DE MODELAMIENTO EN GRUPO .....	69
6.2 RESULTADOS .....	72
6.3 DINÁMICA DE SISTEMAS .....	79
<b>7. MODELO DE SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS</b> .....	<b>82</b>
7.1 DIAGRAMA DE BLOQUES .....	82
7.2 HIPÓTESIS DINÁMICA .....	85
7.3 DIAGRAMA DE FLUJOS Y NIVELES.....	92
7.4 VALIDACIÓN DEL MODELO.....	100
7.4.1 PRUEBAS DIRECTAS DE ESTRUCTURA.....	101
7.4.2 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO ORIENTADAS A LA ESTRUCTURA .	102

7.4.3 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO.....	105
<b>8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE POLÍTICAS.....</b>	<b>112</b>
8.1 ESCENARIO BASE.....	112
8.2 ESCENARIO 1.....	116
8.3 ESCENARIO 2.....	118
8.4 ESCENARIO 3.....	120
8.5 ESCENARIO 4.....	123
<b>9. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....</b>	<b>127</b>
9.1 CONCLUSIONES.....	127
9.2 TRABAJO FUTURO.....	130
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>133</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. Actores de Mercado en la Industria del Software (Pérez & González, 2009).....	21
Figura 2. Ventas de Software y Servicios Asociados en Colombia 2005-2013 (FEDESOFTE, 2011; PROEXPORT, 2011, 2012).....	39
Figura 3. Ventas de Software y Servicios Asociados en Colombia 2003-2011 (IDC, 2010; PROEXPORT, 2011).....	40
Figura 4. Ventas de Software y Servicios Asociados en Colombia - Comparación entre Fuentes.....	41
Figura 5. Exportaciones de Software (FEDESOFTE, 2011; PROEXPORT, 2012).....	43
Figura 6. Empresas de Software en Colombia 2005-2010 (PROEXPORT, 2010a, 2011).....	45
Figura 7. Participación del Tamaño de las Empresas de Software en Colombia (PROEXPORT, 2010a, 2011).....	47
Figura 8. Modelo Integral FITI - Líneas Estratégicas (FEDESOFTE, 2012).....	56
Figura 9. Calificación de Factores Claves en la Industria del Software.....	76
Figura 10. Clasificación de Estrategias en Inversiones en la Industria del Software en Colombia.....	77
Figura 11. Proceso de Modelado en Dinámica de Sistemas (Sternan, 2000).....	80
Figura 12. Diagrama de Bloques - Industria del Software en Colombia.....	83
Figura 13. Diagrama de Cuatro Bloques – Industria del Software en Colombia.....	84
Figura 14. Ciclo B1 y R1 - Dinámica de la Competencia y Atractividad de la Industria.....	87
Figura 15. Ciclo R2 - Dinámica de la Inversión en Calidad.....	88
Figura 16. Ciclo R3 - Dinámica de la Inversión en Mercadeo.....	89
Figura 17. Ciclo R4 – Dinámica de la Inversión en I+D.....	89
Figura 18. Ciclo R5 y R6 – Dinámica de la Inversión en Direccionamiento Estratégico.....	90
Figura 19. Diagrama Causal Industria del Software en Colombia - Inversión en CIT.....	91
Figura 20. Modelamiento de Capacidades de Innovación.....	95
Figura 21. Modelamiento de Empresas de Software.....	96
Figura 22. Modelamiento Atractividad de la Industria - Ventas y Empresas.....	97
Figura 23. Modelamiento del Desarrollo de Productos de Software.....	98
Figura 24. Modelamiento Ventas Totales - Efectos Capacidades de Innovación.....	99
Figura 25. Ventas y Exportaciones de la Industria.....	100
Figura 26. Validación Capacidades de Innovación - Condiciones Extremas.....	103
Figura 27. Validación Incremento en Ventas - Condiciones Extremas.....	103
Figura 28. Validación Empresas - Condiciones Extremas.....	104
Figura 29. Validación Productos - Condiciones Extremas.....	104
Figura 30. Validación Ventas - Condiciones Extremas.....	104
Figura 31. Validación Participación del Mercado - Condiciones Extremas.....	104
Figura 32. Validación Comportamiento – Ventas Reales Vs Ventas Simuladas.....	106
Figura 33. Análisis de Sensibilidad - Capacidad I+D para Micro y Pequeñas Empresas (MYPE).....	107

Figura 34. Análisis de Sensibilidad - Efecto de las Capacidades en las Ventas de Medianas Empresas (ME) .....	108
Figura 35. Análisis de Sensibilidad – Capacidad I+D en ME .....	109
Figura 36. Análisis de Sensibilidad Capacidad Mercadeo en ME .....	109
Figura 37. Análisis de Sensibilidad Capacidad DE en ME .....	109
Figura 38. Comparación de Corridas de Simulación en GE - Niveles Iniciales de la Capacidad de I+D .....	110
Figura 39. Capacidad I+D - Escenario Base .....	114
Figura 40. Capacidad Mercadeo - Escenario Base .....	114
Figura 41. Capacidad DE - Escenario Base .....	114
Figura 42. Ventas Totales Industria - Escenario Base .....	115
Figura 43. Participación en el Mercado - Escenario Base .....	116
Figura 44. Comparativo de Ventas – Escenario 1 Vs Escenario Base .....	117
Figura 45. Comparativo de Ventas entre Empresas - Escenario 1 .....	118
Figura 46. Capacidad I+D - Escenario 2 .....	119
Figura 47. Capacidad Mercadeo - Escenario 2 .....	119
Figura 48. Capacidad DE - Escenario 2 .....	119
Figura 49. Comparativos de Ventas - Escenario Base, Escenario 1 y Escenario 2 .....	120
Figura 50. Comparativo de Ventas - Escenario 3 Vs Anteriores .....	122
Figura 51. Comparativo de Ventas entre Empresas - Escenario 3 .....	122
Figura 52. Participación en el Mercado - Escenario 3 .....	123
Figura 53. Comparativos de Ventas entre Empresas - Escenario 4 .....	125
Figura 54. Comparativo de Ventas entre Escenarios .....	126

## Lista de Tablas

Tabla 1. Crecimiento Industria del Software en Países de Ingreso Tardío 1990-2002 (Arora & Gambardella, 2004) .....	26
Tabla 2. Ventas de Software en Países Latinoamericanos 2004 (Tigre & Marques, 2009) .....	30
Tabla 3. Indicadores de Desempeño en la Industria del Software y Servicios Asociados - Países de Ingreso Tardío 2006 (López & Ramos, 2007).....	31
Tabla 4. Valores Iniciales Escenario Base .....	113
Tabla 5. Valores Iniciales Escenario 3 .....	121
Tabla 6. Comparativo de Ventas - Escenario Base Vs Escenario 4 .....	124

## Lista de Cuadros

Cuadro 1. Índice de Atractividad en los Principales Países de Ingreso Tardío y Latinoamérica 2004 (Kearney, 2004) .....	33
Cuadro 2. Clasificación de las Capacidades de Innovación Tecnológicas (Robledo & Pérez, 2011) .....	65
Cuadro 3. Análisis Externo de la Industria del Software en Colombia .....	72
Cuadro 4. Análisis Externo de la Industria del Software en Colombia .....	73
Cuadro 5. Elementos en el Modelamiento con Dinámica de Sistemas. Elaboración Propia a partir de Dyner et al. (2008) y Sterman (2000) .....	93
Cuadro 6. Pruebas de Validación para Modelos con DS (Adaptado de Barlas (1996)) .	101

# 1. INTRODUCCIÓN

Las TICs (Tecnologías de Información y Comunicación) han adquirido importancia en la actualidad por ser un medio generador de ventaja competitiva (Pérez & González, 2009). La Industria del Software y los Servicios Informáticos se encuentran dentro del grupo de las TICs, siendo actualmente una de las industrias más dinámicas y crecientes a escala global (López & Ramos, 2007).

La industria del Software a nivel mundial es considerada una industria de conocimiento, ubicada en un sector estratégico que requiere continúa innovación y explotación (López & Ramos, 2007; Pérez & González, 2009; Robledo, Pérez, Aguirre, Castañeda, & Hernández, 2010) para sobrevivir a los cambios del mercado (Benamati & Lederer, 2008) y al rápido crecimiento mundial (Ashish Arora & Athreye, 2002; Nambisan, 2002).

Esta industria se caracteriza por ser relativamente nueva (Pérez & González, 2009) en comparación con otras industrias que mueven la economía de una nación (FEDESOF, 2008). Es considerada como una ventana de oportunidad al desarrollo (Castañeda, 2009) por el crecimiento acelerado experimentado desde 1955, año posible de surgimiento de esta industria (Hoch, 2000), y por la transversalidad que presenta con todos los sectores de la economía de un país. Además, como industria de conocimiento se identifica por requerir altos niveles de innovación y facilitar la modernización de los procesos productivos, añadiendo valor agregado a las empresas en la producción de bienes y prestación de servicios (IDC, 2010).

El desarrollo inicial de la Industria del Software se atribuye a países con economías sólidas, considerados potencias mundiales, entre ellos Estados Unidos, Alemania y Japón, cuyas empresas de software se dedicaban al desarrollo exclusivo de software estandarizado (Arora & Gambardella, 2004; Giarratana, 2004; Pérez & González, 2009). Gracias a la expansión del crecimiento industrial y al incremento acelerado de la demanda, se produce el ingreso de países de economías emergentes a esta industria, entre los cuáles se mencionan a India, Israel, Irlanda, China y Brasil (Arora & Gambardella, 2004; Ashish Arora & Athreye, 2002; Giarratana, 2004; Pérez & González, 2009; Sands, 2005). Estas empresas centran su desarrollo en la creación de estrategias de innovación, direccionadas a satisfacer las necesidades de un nicho de mercado en

particular, dando origen al desarrollo de software a la medida (Arora & Gambardella, 2004; Breznitz, 2007; Giarratana, 2004; Pérez & González, 2009).

El éxito de las estrategias de innovación implementadas por los países de ingreso tardío a la Industria del Software, se evaluó en el estudio de participación del mercado desarrollado por Arora y Gambardella (2004), para el período 1990 - 2002. En este estudio se encontró que el porcentaje de ventas de software de estas empresas ascendía a 49%, sustentando la eficiencia de estas estrategias con el incremento de la participación del mercado.

Para Colombia, esta industria cobra importancia en el desarrollo económico por ser percibida como un sector estratégico de clase mundial que fomenta la competitividad entre los sectores industriales e iguala las oportunidades de crecimiento económico (McKinsey, 2008; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2008). Siguiendo este objetivo, desde el año 2007 se inicia el Programa de Transformación Productiva, que tiene como finalidad impulsar el crecimiento y expansión de la Industria del Software nacional hacia el posicionamiento en el mercado exportador, con crecimientos promedios de 19% anual, ocasionando a su vez, el incremento de la atractividad de la industria a nivel mundial. Lo anterior se basa en el fortalecimiento de 8 líneas de acción estratégicas, direccionadas al emprendimiento, fortalecimiento empresarial, calidad, infraestructura, asociatividad, normatividad, talento humano, visión estratégica del sector, inversión en I+D+i, que integra en general a las capacidades de innovación tecnológicas.

Con esta motivación, se inicia el desarrollo de estudios e investigaciones afines al análisis y caracterización de la Industria del Software en Colombia, y al desarrollo de estrategias que potencialicen su crecimiento, permitiendo identificar tanto oportunidades de crecimiento, como barreras que lo limitan (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Castañeda, 2009; Castellanos, Fúquene, & Fonseca, 2007; Gómez, 2011; Heshusius, 2009; López & Ramos, 2007; Palomino, 2011; Pérez, 2011; Robledo et al., 2010; Tigre & Marques, 2009; Villalba, 2012). Pese a estos esfuerzos, aun se observa un crecimiento moderado en ventas, participación en el mercado exportador e inmadurez de las empresas de software para alcanzar niveles de competencia internacional (FEDESOFTE, 2006, 2008, 2011, 2012; Heshusius, 2009; ICEX, 2012; PROEXPORT, 2010a, 2011, 2012).

El comportamiento anterior se debe a que las barreras existentes limitan el crecimiento de la industria en mayor proporción que las oportunidades y ventajas comparativas que

presenta el país. Estas barreras se encuentran centralizadas en deficiencias que se presentan a nivel de firmas y a nivel país, con problemas de calidad de productos, especialización del recurso humano, niveles de inversión en capacidades de innovación, certificación de empresas, regulaciones y normatividad gubernamental, entre otras.

Adicionalmente, los estudios de evaluación de capacidades de innovación (Aguirre, 2010; Gómez, 2011) y posicionamiento en el mercado competitivo (Heshusius, 2009; López & Ramos, 2007; Merchán & Urrea, 2007; Pérez & González, 2009), demuestran que, en general, el país se encuentra en desventaja con relación al promedio global, siendo la principal diferencia el factor de recurso humano y posicionamiento en el mercado.

Debido a las características particulares de esta industria y a los requisitos de altos niveles de innovación, continuo cambio y competitividad, algunas empresas pueden limitar su crecimiento y expansión industrial (Nambisan, 2002; Pérez & González, 2009), si no comprenden la complejidad dinámica del sector y no cuentan con los recursos necesarios para el diseño de estrategias de innovación, como recurso fundamental para responder rápidamente a las exigencias del mercado (Robledo et al., 2010). De acuerdo a lo anterior, la innovación se convierte en la herramienta fundamental que les permite a las empresas sobrevivir y crecer en mercados altamente competitivos (Aguirre, 2010; Gómez, 2011; Robledo et al., 2010).

Los resultados de la revisión del desarrollo de la Industria del Software en Colombia, crean condiciones propicias para el planteamiento de investigaciones direccionadas a la evaluación del efecto de la inversión en las capacidades de innovación tecnológicas como estrategia de crecimiento, a través del análisis de indicadores de crecimiento y posicionamiento industrial. Esta investigación se desarrolla dentro del grupo de investigación Innovación y Gestión Tecnológica, proyecto Innsoftware II (Innovación y Competitividad en la Industria del Software).

El desarrollo de esta investigación inicia con la revisión sistemática de literatura que permite la comprensión del estado actual de la Industria del Software en Colombia y la importancia de esta industria a nivel mundial, a través del crecimiento presentado por países de economía emergentes y algunos países Latinoamericanos.

Para el planteamiento del problema de investigación, se utilizaron metodologías de modelamiento del pensamiento sistémico, direccionadas a la identificación y formulación de problemas tipo “messy” (Vennix & Forrester, 1999). Este tipo de problemas se

caracterizan por ser problemas que no están definidos y son difíciles de identificar, debido al desorden y desarticulación del sistema al que pertenecen (Andersen, Richardson, & Vennix, 1997; Richardson & Andersen, 1992; Vennix & Forrester, 1999). En este sentido, se abordó la metodología de talleres de modelamiento en grupo, en los cuales se involucra la opinión y conocimiento de investigadores, empresarios, expertos y comunidad académica. La implementación de esta metodología, permitió plantear el problema de crecimiento de la industria del Software en Colombia como el conocimiento limitado de las dinámicas sistémicas que explican el comportamiento de la industria en ambientes altamente competitivos, con la acción de pocas inversiones en estrategias de innovación. Lo anterior se traduce en que el desconocimiento de la dinámica industrial y el impacto de la competencia, lleva a las empresas a invertir en acciones y estrategias poco efectivas que frenan el crecimiento industrial y agotan el capital disponible.

Esta investigación contribuye al análisis y caracterización de la Industria del Software en Colombia desde una visión sistémica, complementada con el desarrollo y uso de un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas, que permita comprender el comportamiento dinámico esta industria y evaluar el efecto de la inversión en capacidades de innovación (I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico (DE)) en los indicadores de crecimiento industrial, como por ejemplo, las ventas, número de empresas y niveles de exportación. Este modelo se convierte en una herramienta de toma de decisiones para los actores de la industria, debido a que les permite identificar focos de crecimiento económico, a través de análisis de escenarios.

En el capítulo 2, se presentan las generalidades de la Industria del Software, los actores y las condiciones de competencia que se convierten en amenazas para las empresas que no cuentan con las capacidades para enfrentar su entorno de competencia. Además, se centra en el análisis de la Industria del Software en países de economías en desarrollo, haciendo énfasis en países de América latina.

Las generalidades, caracterización e indicadores de crecimiento de esta industria en Colombia, se presenta en el Capítulo 3, a través del análisis de las variables oferta, demanda, talento humano, ventas, debilidades, oportunidades y programas de fortalecimiento industrial. Lo anterior permite identificar el estado actual de la Industria del Software en el país.

El capítulo 4 presenta a las capacidades de innovación como estrategias de crecimiento industrial, a través de la importancia de la innovación y de la inversión en estas capacidades como propulsores de crecimiento empresarial e industrial. El capítulo 5 contiene los objetivos de esta investigación.

Las metodologías utilizadas para el planteamiento del problema y cumplimiento de los objetivos de esta investigación, se encuentran en el capítulo 6. Adicionalmente, se presenta la metodología de Dinámica de Sistemas como herramienta de simulación que permita la construcción del modelo para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

El capítulo 7 presenta el modelo de simulación desarrollado para la evaluación de la inversión en capacidades de innovación en la Industria del Software en Colombia, cumpliendo con los pasos establecidos para el modelamiento de problemas en sistemas reales. Se presenta entonces los diferentes diagramas y la validación en términos de la estructura y comportamiento.

El capítulo 8 contiene los resultados de las simulaciones del escenario base y de los escenarios modelados para el cumplimiento del objetivo de esta investigación.

Finalmente, en el capítulo 9 se encuentran las conclusiones y trabajos futuros, y en el capítulo 10, las referencias asociadas a este estudio.

## **2. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE**

La Industria del Software se encuentra segmentada en el desarrollo de productos y servicios. Como producto, el software puede empaquetarse y venderse como un producto estándar (IDC, 2010). Cuando el software se comercializa como un paquete, la competitividad se centra en la capacidad de desarrollo técnico y comercialización masiva de productos (Tigre & Marques, 2009), ya que una aplicación puede tener gran nivel de adopción, a través de los efectos de red entre adoptadores y adoptadores potenciales (Pérez & González, 2009). Lo anterior, convierte al software como producto en un negocio rentable, debido a los altos niveles de producción en escala, con una reducción significativa de costos (Tigre & Marques, 2009).

El software como servicio ha ganado participación en el mercado en los últimos años porque permite la expansión de los servicios asociados ofrecidos al usuario. De este modo, se entiende como servicios a aquellas actividades relacionadas con la consultoría, servicio al cliente, capacitación, mantenimiento y desarrollo de productos a la medida, entre otros, que permiten brindar soluciones a problemas particulares de un cliente (Tigre & Marques, 2009).

El software presenta como característica fundamental que no se fabrica como un producto tradicional, sino que se desarrolla (IDC, 2010), por tanto, el recurso humano es el principal insumo requerido, haciendo intensiva la inversión en la formación y capacitación del personal (Robledo, Pérez, Aguirre, Castañeda, & Hernández, 2010). El tiempo promedio requerido para el desarrollo de un software (producto estándar o a la medida) varía entre 12 y 18 meses, y requiere de actualizaciones periódicas, ya que este producto cuenta con una vida útil entre 2 y 3 años (FEDESOFTE, 2008; IDC, 2010).

### **2.1 ACTORES DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE**

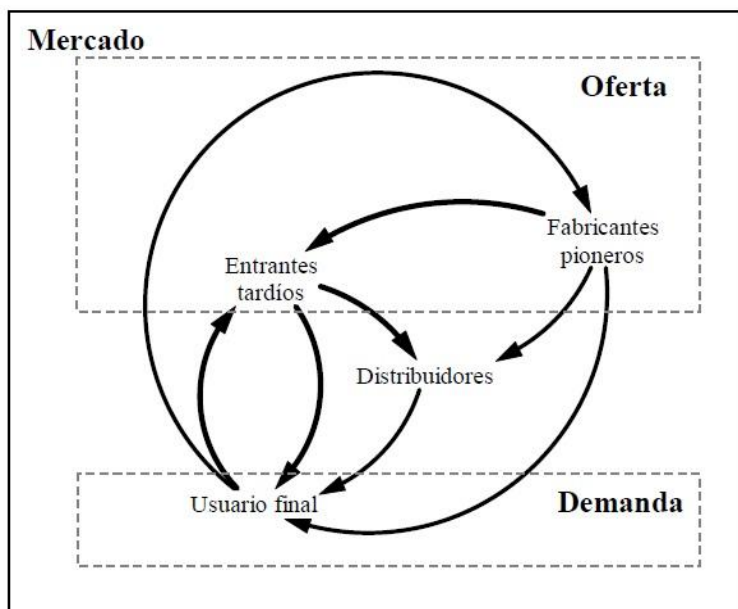
Los actores del mercado de la Industria del Software, se asemejan a los actores de una industria de producción en una economía tradicional, en la cual, se tienen dos bloques importantes: oferta y demanda (Parkin, 2006).

La Figura 1 muestra las fuerzas que rigen las interacciones entre estos bloques, dando origen al mercado en una economía de crecimiento y desarrollo (Marshall, 2005). La demanda presenta elasticidades mayores para determinados tipos de productos (software empaquetado) y menores para productos desarrollados a la medida y algunos servicios complementarios (Marshall, 2005; Parkin, 2006). Por el lado de la oferta, se tienen a las empresas como fabricantes de productos de software y prestadores de servicios asociados, con la caracterización de que el tiempo de ingreso a la industria puede ser un factor importante que condiciona el éxito de la empresa, al igual que la participación en el mercado, bajo un entorno altamente competitivo (Awad, 2004; Pérez & Robledo, 2012).

En este sentido, los fabricantes pioneros hacen referencia a empresas de software que ingresaron anticipadamente a la industria y están altamente posicionadas en el mercado, dedicándose a la fabricación de software empaquetado y servicios, con comercialización de forma masiva (Pérez & González, 2009). Los fabricantes tardíos son aquellas empresas que ingresaron a la industria después de las firmas pioneras, pero que han alcanzado éxito en poco tiempo de permanencia en el mercado (Pérez & González, 2009; Pérez, 2011), dedicándose al desarrollo de software a la medida y a la satisfacción de las necesidades de un nicho de mercado en particular.

Las interacciones entre los fabricantes y el usuario final (persona o empresa) se dan por medio de los distribuidores como intermediarios, los cuáles se encargan directamente de la distribución de software y permiten el flujo de dinero entre estos agentes (Pérez & González, 2009).

Como actores adicionales a las empresas, en la Industria del Software también se destaca la acción del estado (gobierno nacional), universidades y centros de investigación (Castellanos et al., 2007; Londoño, 2005; López & Ramos, 2007). Las empresas deben mantener estrechas sus relaciones con el estado para acceder a beneficios tributarios, créditos para micro y pequeñas empresas, ajustes y reformas de políticas de inversión extranjera y exportación (Tigre & Marques, 2009), diseño de programas que incentiven la creación de empresas y el uso de software en la automatización procesos y procedimientos (Breznitz, 2007; Sands, 2005), entre otras. Además, el estado debe incentivar la promoción de la educación técnica y profesional en áreas relacionadas con la Industria del Software (Sands, 2005), garantizando la disponibilidad de mano de obra calificada en el país (PROEXPORT, 2011).



**Figura 1. Actores de Mercado en la Industria del Software (Pérez & González, 2009)**

Las relaciones entre las empresas y universidades tienen centro en el desarrollo de investigaciones (Castellanos et al., 2007; Londoño, 2005). Esto se debe a que en la mayoría de empresas no existen centros especializados de investigación y desarrollo, por tanto, las empresas establecen convenios con universidades, centros de investigación y demás centros educativos, para llevar a cabo investigaciones direccionadas a la implementación de innovaciones radicales e incrementales de productos y servicios de software (Londoño, 2005; Pérez & González, 2009). Esta relación es realimentativa porque las empresas comunican a las universidades las falencias que presentan los profesionales actuales y las necesidades que éstas requieren para el manejo de tecnologías emergentes y desarrollo de productos que satisfagan las necesidades del mercado (Londoño, 2005; Tigre & Marques, 2009).

## 2.2 CONDICIONES DE COMPETENCIA EN LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE

Las condiciones de competencia en la Industria del Software, como en cualquier tipo de industria, se rigen por la estrategia competitiva de Porter (1991), por medio de la cual se identifican cinco fuerzas de mercado que crean competencia en la industria.

Pérez & González (2009), estudian cada una de estas fuerzas aplicadas a la Industria del Software, desde el contexto de estrategia competitiva expuesto por Porter (1991). A continuación se presenta una breve descripción de cada una de ellas:

**Amenaza de entrada de nuevos competidores:** La atractividad de la industria incrementa la probabilidad de que nuevas empresas quieran ingresar al mercado, debido a las débiles barreras de entrada que ésta presenta. Para mitigar los efectos de esta amenaza, algunas empresas se especializan en la realización de productos y/o servicios específicos, creando una especie de monopolio en la segmentación de la industria.

Con el ingreso de nuevas empresas, las empresas que no tengan un nicho de mercado definido o buen posicionamiento en el mercado, sufrirán los efectos directos de la competencia que en el mercado representa.

Esta fuerza de competencia, asocia a unas fuerzas internas que se encargan de fortalecer las barreras de entrada a la industria, entre las que se mencionan: la lealtad a la marca, ventaja absoluta en precios y economía de escala. La acción de estas tres fuerzas hace que los efectos del ingreso de un nuevo competidor no sean tan fuertes para la empresa que está posicionada en el mercado.

**Ingreso de productos sustitutos:** Hace referencia a los productos que ingresan al mercado en modalidad de competencia porque cumplen la misma función o brindan la misma solución a un problema específico. Generalmente, las empresas que tienen estructurados departamentos de investigación y desarrollo, patentan las innovaciones, haciendo que para este caso, los productos sustitutos sean las nuevas versiones del producto inicial, desarrolladas por el mismo fabricante.

En otras condiciones, las empresas deben competir con los productos sustitutos en aspectos de gran ponderación para los clientes, por ejemplo, precios y garantías postventa.

**Poder de negociación de los compradores:** Un comprador tiene la ventaja de escoger el producto que necesite, bajo las condiciones preferidas de precio y calidad ofrecidas por los proveedores. Los compradores tienen poder de mercado, si se encuentran concentrados mientras que el proveedor se encuentra segmentado, si no está ligado a un solo proveedor por contratos de exclusividad y si tiene la capacidad para someterse a una integración vertical.

**Poder de negociación de los proveedores:** Para productos como el software estandarizado, los proveedores no pueden ejercer presión sobre la calidad de los productos, ni el precio del mismo, pero para desarrollos de software a la medida, se pueden llegar a acuerdos y contrataciones que lo permitan. En general, un proveedor tiene poder de mercado, si el sector industrial está dominado por pocas empresas, no compite con productos sustitutos en el mercado y el cambio de proveedor acarrea costos exageradamente altos.

**Intensidad de la rivalidad de la industria:** Para las empresas que se dedican al desarrollo de software a la medida, la intensidad de la rivalidad de la industria se da principalmente por aspectos relacionados con el precio, las garantías, el servicio al cliente y el ingreso de nuevos productos al mercado. Estas condiciones agudizan la competencia y generalmente, las firmas que no cuentan con musculo financiero y capacidades de innovación tecnológicas, terminan perdiendo el poder de mercado.

Hill (1994) argumenta que la rivalidad intensa en una industria se da por dos factores fundamentales: la estructura de la industria y la disponibilidad de recursos y capacidades de innovación. La estructura de la industria del software es considerada para los países de economía emergente, como una industria altamente fragmentada, donde la mayoría de empresas son pequeñas y medianas, dedicándose en mayor proporción al cumplimiento de la demanda doméstica. Esta condición genera alto nivel de competitividad entre las empresas. La disponibilidad de recursos y capacidades de innovación propician la rivalidad en la industria, debido a que pone a algunas empresas en niveles superiores,

absorbiendo gran parte del mercado potencial. Las empresas deben construir sus propias capacidades de innovación para asegurar ventaja competitiva.

De acuerdo con Teece et al. (1997), para una empresa sobrevivir en un entorno de mercado competitivo, debe considerar estas fuerzas y apropiarlas a su favor, tomando ventajas competitivas a través de ellas y diferenciándose de sus competidores. En caso de no hacerlo, la empresa tiene alta probabilidad de ser obsoleta en el mercado, viéndose obligada a abandonarlo.

Por las características de la Industria del Software, De Geus (1988) argumenta que el conocimiento y el aprendizaje es la única ventaja competitiva que una empresa debe fomentar, ya que las demás innovaciones, con el tiempo pueden ser plagiadas y mejoradas por sus competidores; mientras que el conocimiento, aprendizaje y experiencia, son garantía de dominio de las innovaciones.

## **2.3 LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN PAÍSES DE ECONOMÍA EMERGENTE**

En el desarrollo de la historia de la Industria del Software, se tiene evidencia de que a inicios de los años 80, se consolidan las empresas dedicadas a la fabricación de software estandarizado, denominadas “Empresas Pioneras” y radicadas principalmente en EE.UU, Alemania y Japón (Arora & Gambardella, 2004). A inicios de los años 90 comienza el desarrollo de software a la medida por empresas que ingresaban a la industria, denominadas entonces “Empresas de Ingreso Tardío”, conformadas por países como India (Dyba, 2005), Israel, Irlanda, China y Brasil (Athreye, 2005; Pérez & González, 2009; Sands, 2005). Para el año 2007, se han sumado a estos países, grandes economías como Corea y Rusia, hasta pequeños países como Jordania, Polonia, Hungría, Sri Lanka, Filipinas, Vietnam, Argentina, Uruguay, entre otros (López & Ramos, 2007).

El crecimiento del número de países que han incursionado en la Industria del Software, demuestra la expansión de ésta desde países con economías sólidas hacia países de economías emergentes o en vía de desarrollo (Pérez & González, 2009). Lo anterior se sustenta en el estudio realizado por Arora & Gambardella (2004), en el que se muestran

las ventas totales acumuladas y la participación de las firmas en el mercado, para los años 1990 y 2002. Los resultados reportan ventas superiores a 397 mil millones de dólares (US\$), de los cuales el 51% proviene de las firmas pioneras y el porcentaje restante (49%), corresponde a países en vía de desarrollo que han comenzado a ingresar a esta industria con amplia y creciente participación en el mercado.

El éxito de los países de ingreso tardío a la Industria del Software, dio pie a una amplia demanda y oferta limitada (Pérez & González, 2009), incrementando el nivel de atractividad de la industria para propiciar el ingreso de más países en condición de economía emergente (Tigre & Marques, 2009) y equilibrar las fuerzas de oferta y demanda (Parkin, 2006).

Cada uno de estos países, centró el desarrollo de su industria en la elaboración y ejecución de estrategias de crecimiento industrial, direccionadas a la satisfacción de necesidades particulares del mercado. El modelo de crecimiento que orientó a las industrias de China y Brasil, se centró en la diversificación de la industria doméstica (Pérez & González, 2009), mientras que el modelo desarrollado por las empresas indias, se direccionó hacia la exportación de servicios de software (Athreye, 2005), el de las empresas israelíes, en el desarrollo y exportaciones de productos intensivos de tecnologías (Pérez & González, 2009), y el de las empresas irlandesas en el manejo de una industria domestica mixta con presencia de multinacionales (Sands, 2005). Adicionalmente, las industrias de India, Israel e Irlanda, aprovecharon ventajas comparativas y desarrollaron ventajas competitivas con relación al exceso de mano de obra calificada y de habla inglesa, permitiendo un fácil acceso a la demanda de los países líderes en la economía mundial (Arora & Gambardella, 2004).

Siguiendo el estudio desarrollado por Arora & Gambardella (2004), se presenta a continuación la Tabla 1, la cual permite la comprensión y conceptualización del peso del ingreso de los países de economías emergentes a la Industria del Software, a través de indicadores industriales que reflejan el crecimiento de la industria.

La Tabla 1 muestra que el país que mayor crecimiento presentó en la Industria del Software, considerando la condición de economía emergente fue India, con un crecimiento inesperado del 40%, seguido de China, cuyo crecimiento aproximado fue superior a 35%. En cuanto al crecimiento de la industria con relación al PIB (Producto

Interno Bruto), China ocupa la primera posición con 9.8%, seguido de Israel con 7.4%. Con relación al nivel de exportación sobre las ventas de software, el mayor nivel lo obtuvo Irlanda con un 85%, seguido de India con un 80%. Estas cifras validan la condición de China y Brasil al centrar sus esfuerzos de crecimiento en la industria doméstica, con porcentajes de venta nacional asociados 89% y 98%, respectivamente, restando importancia al tema de las exportaciones.

**Tabla 1. Crecimiento Industria del Software en Países de Ingreso Tardío 1990-2002  
(Arora & Gambardella, 2004)**

<b>Países</b>	<b>Crecimiento Promedio de Ventas de Software en 1990s (%)</b>	<b>Crecimiento Promedio PIB en 1990s (%)</b>	<b>Exportación de Software como % de Ventas (2002 o último año disponible)</b>
Brasil	20	2.5	1-2
China	>35	9.8	11
India	40	3.4	80
Irlanda	20	7.0	85
Israel	20	7.4	70

Las ventajas comparativas hacen referencia a un conjunto de condiciones de carácter estático y sobre las cuáles las empresas no tienen control, entre estas se mencionan: posición geográfica, acceso a mercados internacionales, factores geopolíticos, infraestructura industrial, aspectos culturales, entorno normativo, capacidades científicas y tecnológicas, entre otras (Aguilar et al., 2012). Por su parte, las ventajas competitivas se relacionan con la capacidad de crear diferencias significativas de sus competidores, relacionadas con capacidades de carácter dinámico en pro del desarrollo de la innovación, participación en el mercado nacional e internacional, consolidación de base de usuarios, lanzamiento de nuevos productos, entre otras (Aguilar et al., 2012; De Geus, 1988; Porter, 1991). Algunos países hacen uso de sus ventajas comparativas, mientras que los países que mayor crecimiento en la industria reportan, centran su atención en el desarrollo de ventajas competitivas, creando barreras de competencia que impiden el ingreso de nuevos países a esta industria (Aguilar et al., 2012; Pérez & González, 2009).

Existen algunas barreras que limitan el crecimiento de la Industria del Software en países de economía emergente (Tigre & Marques, 2009). Estas limitaciones se traducen en deficiencias en recursos y en estrategias que propicien el crecimiento industrial, siendo el recurso humano calificado una de los límites principales (Campo, 2008; Londoño, 2005). Por esta razón, Tigre & Marques (2009) enfatizan en que la industria del software es una sociedad del conocimiento que requiere de un alto nivel de investigación y desarrollo tecnológico, capacidades de innovación (Aguirre, 2010; Guan, Yam, Mok, & Ma, 2006; Guan & Ma, 2003; Robledo et al., 2010) y recursos humanos (Romijn & Albaladejo, 2002).

Para los países de ingreso tardío, una posible solución de minimizar los efectos de los límites al crecimiento de la industria y atacar las barreras de entrada impuestas por países que han ingresado con altos niveles de ventajas comparativas y competitivas, es la inversión en estrategias de innovación y conocimiento, también conocidas como Capacidades de Innovación Tecnológicas (Aguilar et al., 2012; Capaldo, Iandoli, Raffa, & Zollo, 2003; Lee & von Tunzelmann, 2005; Robledo et al., 2010), que con su acumulación y aprendizaje brinden competitividad y respaldo a las empresas que las desarrollen.

Otras de las estrategias generadoras de ventajas competitivas desarrolladas por países de ingreso tardío, son el outsourcing, la cooperación entre firmas y los esfuerzos para la reducción de la piratería. El outsourcing se ha evaluado en el crecimiento, internacionalización e innovación (Hätönen, 2010), impulsando a las pequeñas firmas hacia la capitalización y cooperación (Kim, Shin, & Lee, 2010), como factor de efectividad en la aplicación de esta estrategia. La cooperación entre firmas y creación de alianzas, ha demostrado ser un tema complicado para las empresas de software, debido a la competencia activa por sobrevivir en el mercado, generando poca confianza en el sector (Londoño, 2005; López & Ramos, 2007). Finalmente, la reducción de la piratería de software como estrategia de crecimiento de las ventas, ha sido útil debido a la intangibilidad de productos y servicios y a la facilidad de copia y plagio de los mismos (Banerjee, Khalid, & Sturm, 2005; Business Software Alliance, 2010).

### 2.3.1 CAUSAS DEL DECLIVE DE LAS EMPRESAS DE SOFTWARE EN PAÍSES DE INGRESO TARDÍO

Siguiendo el estudio desarrollado por Pérez y González (2009), acerca de la caracterización de la Industria del Software a nivel internacional, nacional y regional, se explica que el surgimiento de pequeñas empresas de software se asocia a un incremento en la demanda y en la atractividad de la industria, lo que de manera explícita incrementa el número de productos oferentes en el mercado, aumentando la competencia.

El aumento de la competencia, ha generado el fenómeno de selección de productos y servicios en los clientes expertos, ocasionando que las empresas que no satisfagan estas condiciones, salgan del mercado, especialmente en los primeros años, donde sobrevivir se convierte en una lucha diaria para estas empresas.

Los autores exponen a través de Giarratana (2004), que la explicación de la alta tasa de salida del mercado para las empresas de software, se explica por dos factores principales: bajas barreras de salida y la incertidumbre acerca de la calidad de los productos. Estos factores implican que un mal desempeño inicial en la industria, ocasiona la salida de la empresa, incluso si ésta tiene productos bastante buenos en el mercado.

Para explicar la relación existente entre el número de productos en el mercado y el número de empresas, Giarratana (2004) propone la razón ( $P/E$ ), donde  $P$ = Productos y  $E$ =Empresas. De esta forma, si el número de empresas en el mercado disminuye, el cociente aumenta (a menos empresas, más productos), significando que las empresas restantes cubren la porción de demanda disponible. Esta condición favorece la diversidad de producción de las empresas porque es posible que éstas deban dedicarse a cumplir con la demanda de otros nichos de mercados, diferentes a los que se venía dedicando.

Además, se concluye que las empresas especializadas tienen mayor probabilidad de salir del mercado que las empresas que adopten la diferenciación de productos dentro de su estrategia competitiva. Este punto es importante porque permite comprender que cuando las economías de escala no son efectivas para la generación de diferencias de los competidores, la gama de diversidad de producto, se convierte en una de las variables principales que permiten obtener un buen posicionamiento en el mercado, a través de la

obtención de ventajas competitivas. Lo anterior permite mostrar un fuerte desempeño en términos de competitividad y resultados económicos.

De acuerdo a las condiciones que causan el declive de las empresas de software de ingreso tardío, diversos estudios resaltan la importancia de la inversión en capacidades de innovación, como herramienta fundamental para la generación de ventajas competitivas, que permitan a las empresas garantizar la permanencia en una determinada industria (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Capaldo et al., 2003; Giarratana, 2004; Palomino, 2011; Pérez & González, 2009; Pérez & Robledo, 2012; Raffa & Zollo, 1998; Robledo et al., 2010).

## **2.4 LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN AMÉRICA LATINA**

La Industria del Software en los países latinoamericanos es considerada una industria incipiente e inmadura (Mayer & Bunge Informática LTDA, 2004), con base en los índices de crecimientos en ventas nacionales y exportación, reportados por la mayoría de los países de esta zona. Además, aún muchos de los procesos relacionados con el desarrollo, protección, comercialización y distribución de productos y servicios de software, se llevan a cabo de manera “artesanal” (López & Ramos, 2007; Tigre & Marques, 2009). Estas prácticas se evidencian en problemas de calidad, compatibilidad, utilidad y tiempo de producción, debido a que no se tienen establecidos estándares, ni metodologías de desarrollo operativo, estratégico, administrativo y gerencial (Arboleda, 2005).

A pesar de que el rol de la Industria del Software latinoamericana no es compatible con la importancia económica de esta industria a nivel mundial, presenta crecimiento y expansión de su mercado interno (Tigre & Marques, 2009). La participación en el mercado mundial de deslocalización ha crecido de 1.94% en 2001 a 2.72% en 2005 (Tigre & Marques, 2009; WITSA, 2006).

De acuerdo a los indicadores presentados por Tigre & Marques (2009), la Tabla 2 muestra que los países con mayor representatividad en el PIB, con relación a la facturación

correspondiente al desarrollo de esta industria en el año 2004, son Uruguay (1.70%), Chile (1.46%) y Brasil (1.36%), seguidos por Argentina (0.77%).

México (0.42%) y Colombia (0.35%) obtienen un índice inferior a 0.5, lo que indica que el proceso de desarrollo ha sido lento, pero con potencial para crecer, debido a factores de atraktividad en software y servicios informáticos.

Además, se puede concluir que el país que reporta la mayor facturación en ventas nacionales y exportación es Brasil, con 8213 millones de dólares y 314 millones de dólares, respectivamente. Ecuador es el país que menor desarrollo en esta industria presenta, con ventas nacionales de 90 millones de dólares, exportaciones de 10.7 millones de dólares e índice de representatividad en el PIB de tan sólo 0.20%. Uruguay es el país que mayor nivel de exportación presenta con relación al total de su facturación, con un porcentaje asociado de 39.3%.

**Tabla 2. Ventas de Software en Países Latinoamericanos 2004 (Tigre & Marques, 2009)**

<b>Países</b>	<b>Facturación (Millones de Dólares)</b>	<b>Exportaciones (Millones de Dólares)</b>	<b>Facturación / PIB</b>	<b>Exportación /Facturación</b>
Argentina	1173	191.6	0.77	16.3
Brasil	<b>8213</b>	<b>314.0</b>	1.36	3.8
Chile	1385	68.8	1.46	5.0
Colombia	340	10.3	0.35	3.0
Ecuador	90	10.7	0.28	11.9
México	2871	125.0	0.42	4.4
Uruguay	226	88.7	1.70	39.3
<b>TOTAL</b>	<b>14298</b>	<b>809.1</b>	<b>0.85</b>	<b>5.7</b>

Como complemento al estudio anterior, la Tabla 3 muestra el desarrollo de la Industria del Software y Servicios informáticos en los países pertenecientes a MERCOSUR<sup>1</sup>, en el trabajo realizado por López y Ramos (2007). En esta investigación, los autores enfatizan en el notorio desarrollo de países como Uruguay, Brasil y Argentina, dentro de la industria latinoamericana, comparados con el comportamiento en la Industria del Software de otros países de economías en desarrollo a nivel mundial (países de ingreso tardío).

**Tabla 3. Indicadores de Desempeño en la Industria del Software y Servicios Asociados - Países de Ingreso Tardío 2006 (López & Ramos, 2007)**

<b>Países</b>	<b>Facturación (Millones de Dólares)</b>	<b>Exportaciones (Millones de Dólares)</b>	<b>Coefficiente X/Ventas (%)</b>	<b>Empleos</b>	<b>Empresas</b>
Irlanda	30000	28500	95%	24000	900
India	22600	17700	78%	1200000	6000
Israel	4100	3000	73%	15000	400
Costa Rica	173	80	46%	4800	150
Uruguay	265	104	39%	4900	300
Singapur	1660	476	29%	NA	NA
Argentina	1550	300	19%	41000	900
China	13300	700	5%	190000	5000
Brasil	9900	308	3%	150000	13000
Chile	840	33	4%	4000	1500
Corea	7700	240	3%	4900	4900

---

<sup>1</sup> Mercado Común del Sur. Bloque subregional de negocios integrados por Argentina, Brasil, Paraguay (Suspendido), Uruguay, Venezuela, Bolivia (2012). Tiene como asociados a Chile, Colombia, Perú y Ecuador. Permite la libre circulación de bienes, servicios y factores productivos entre países, bajo una política comercial común que permita el fortalecimiento del proceso de integración entre los mismos (MERCOSUR, 2012)

Al año 2006, Brasil reportó el cuarto puesto en el nivel de ventas nacionales con 9900 millones de dólares, encontrándose por encima de países como Corea, Israel, Singapur y Argentina. En cuanto al tema de las exportaciones, el comportamiento cambia debido a las características de la industria en los países latinoamericanos, quedando ubicado en el sexto puesto, seguido inmediatamente por Argentina. Con relación al número de empresas, Brasil reporta 13000, siendo el país dentro del cuadro comparativo que mayor cantidad de empresas reporta, seguido de India con 6000.

Siguiendo el desarrollo de los demás países latinoamericanos, en cuanto a los indicadores de ventas, exportaciones, número de empresas y empleos generados, Argentina ocupa el segundo lugar, seguido de Chile, Uruguay y Costa Rica.

De los países de ingreso tardío a la Industria del Software, India ha sido de gran atractivo por su desarrollo y crecimiento, gracias a la estrategia de expansión en la subcontratación, generación de empleo y obtención de divisas de exportación. Con relación a este tema, Kearney (2004) elaboró una lista en la que clasifica a los países más atractivos para el desarrollo de la Industria del Software, según criterios de evaluación disponibles en estadísticas, evaluaciones y entrevistas realizadas a empresarios. Los resultados de esta implementación, se presentan en el Cuadro 1.

Para efectos del presente estudio, la estructura financiera hace referencia a los salarios del personal calificado, costos de infraestructura y carga fiscal, con una ponderación de importancia de 40%. La disponibilidad de recursos humanos calificados, corresponde a la cantidad de profesionales universitarios en áreas relacionadas con la Industria del Software, calidad del sistema educativo, experiencia y curva de aprendizaje acumulada, entre otros, con una ponderación de 30%. Finalmente, se estudia el entorno institucional con relación al ambiente económico y político, los niveles de riesgo, apoyo a las TICs, calidad de la infraestructura y seguridad de la propiedad intelectual; la ponderación para este criterio corresponde a un 30%.

Posición	Países	Estructura Financiera	Entorno Institucional	Recursos Humanos	Índice
1	India	3.32	0.93	1.36	5.61
2	China	3.09	1.77	0.73	5.54
6	Filipinas	3.59	0.92	0.94	5.45
7	Brasil	3.17	1.41	0.86	5.44
8	Canadá	1	2.48	1.94	5.42
9	Chile	2.99	1.68	0.70	5.37
14	México	3.12	1.26	0.74	5.12
15	Argentina	3.25	1.08	0.74	5.07
16	Costa Rica	3.06	1.33	0.67	5.06
23	Irlanda	0.62	2.48	1.39	4.49

**Cuadro 1. Índice de Atractividad en los Principales Países de Ingreso Tardío y Latinoamérica 2004 (Kearney, 2004)**

Como se puede observar en el cuadro anterior, India es el país que mayor índice representa con un valor asociado a 5.61, seguido de china, cuyo índice corresponde a 5.54. Brasil es el país latinoamericano que ocupa la mayor posición con el puesto 7 a nivel mundial con un valor de 5.44, seguido por Chile en la novena posición con 5.37 y México en la posición número 14, con un índice asociado de 5.12.

La implementación y uso de estrategias de innovación, le ha permitido a estos países latinoamericanos una ubicación dentro del ranking mundial de desempeño de países de ingreso tardío a la Industria del Software (López & Ramos, 2007; Tigre & Marques, 2009).

La Industria del Software Brasileña ha focalizado su estrategia de crecimiento en el mercado interno, con la satisfacción de la demanda nacional (López & Ramos, 2007).

Las empresas brasileras tienen como beneficio la especialización en el desarrollo de soluciones integrales para problemas de su propio mercado, siendo éstas, soluciones innovadoras y completas. (Tigre & Marques, 2009). Dentro de las fortalezas de esta industria se destaca el emprendimiento, alto nivel de conocimiento en innovación y actualización tecnológica, recurso humano capacitado, huso horario próximo al de Estados Unidos y costos competitivos (López & Ramos, 2007; Tigre & Marques, 2009).

El mercado interno de software en Brasil presentó un crecimiento equilibrado de 11% por año, lo cual corresponde aproximadamente a cinco veces más que la expansión del PIB (Tigre & Marques, 2009). Este factor, válida la información reportada en la Tabla 2, donde el factor de facturación sobre el PIB es superior a uno (1). Las exportaciones presentaron un crecimiento de 120 millones de dólares en el año 2000 a 307.5 millones de dólares en el año 2004, presentando un crecimiento acelerado de 156% aproximadamente (Tigre & Marques, 2009).

Por su parte, la Industria del Software en Argentina se caracteriza por tener buena estructura financiera pero con un ambiente institucional frágil (Tigre & Marques, 2009). Por tanto, el país ha centrado su interés en el desarrollo de estrategias en políticas públicas que han favorecido el crecimiento y expansión de este sector industrial (Tigre & Marques, 2009). Dentro de estas estrategias se resaltan la apertura económica que permitió el incremento de la inversión extranjera y privatización de empresas públicas, impulsando esta industria al crecimiento (López & Ramos, 2007; Tigre & Marques, 2009) y volviéndola competitiva mundialmente. La Industria del Software Argentina ha evolucionado en el mercado interno desde sus inicios (López & Ramos, 2007), con crecimientos anuales promedio de 19.3% (Tigre & Marques, 2009) desde el año 2000 al 2006. De igual forma, ha crecido el nivel de empleo con un incremento de 28.1% en el período 2005-2006 y aumentos de las exportaciones en un 18.4% para el mismo período (López & Ramos, 2007).

Chile caracteriza la Industria del Software en el desarrollo endógeno con proyecciones externas (Alvaréz & Lillo, 2009). El crecimiento que ha presentado esta industria no es tan representativo como el que se esperaba, debido a la carencia de estrategias que propicien su crecimiento. Los datos históricos muestran pocas proyecciones al mercado externo, pero aún así, expertos enfatizan que quizás sea una de las estrategias innovadoras que permitan el fortalecimiento de la industria (Alvaréz & Lillo, 2009; López &

Ramos, 2007; Tigre & Marques, 2009). El mercado de comercio electrónico, finanzas, entretenimiento y contabilidad, representan puntos clave de acción en la expansión de mercados de esta industria (Research and markets, 2010). La Industria del Software Chilena se caracteriza además por presentar un ambiente institucional favorable (Tigre & Marques, 2009). El ambiente empresarial está conformado por pequeñas empresas que corresponden a un 80% del total, cuya participación en ventas es bastante bajo, y 20% de empresas grandes que aportan más del 80% de las ventas de esta industria (Álvarez & Lillo, 2009).

México se caracteriza por tener una Industria del Software con estructura equilibrada (Tigre & Marques, 2009). En el 2001 se implementó el Programa Nacional de Software como iniciativa a la integración de las cadenas productivas con el mercado norteamericano y la potencialidad de los centros educativos, en pro de generar crecimiento y expansión de los productos de software y servicios asociados; a pesar de estos esfuerzos, la industria Mexicana aún debe mejorar aspectos de calidad de productos, costos de desarrollo y rentabilidad de empresas nacionales, especialmente, las denominadas Pymes (Mochi & Hualde, 2009). Al año 2005, las pequeñas y medianas empresas presentaron un 11% en la participación del mercado, reportándose ventas de software empaquetado para la industria de 817.31 millones de dólares y de 2311 millones de dólares para desarrollo de software a la medida (Mochi & Hualde, 2009).

Uruguay, a pesar de ser considerada una industria pequeña a escala mundial, se caracteriza por presentar focos de mercado diferentes a los demás países. Este centra su atención en el mercado exportador, produciendo software y servicios de calidad y competencia internacional (López & Ramos, 2007). Su estrategia se basa en el uso de innovadoras y dinámicas tecnologías de información (Tigre & Marques, 2009), que permiten ubicarlo entre los países más informatizados de América Latina (González, 2009). Uruguay reporta ventas de software en el mercado interno para el año 2005, de 160.1 millones de dólares, comparados con 104.48 millones de dólares provenientes de las exportaciones (González, 2009), lo que permiten demostrar su gran participación en el mercado exportador. Por esta razón, Uruguay es considerado el país de América Latina que mayores niveles de exportación presenta, seguido de Argentina y México (Tigre & Marques, 2009).

### 3. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN COLOMBIA<sup>2</sup>

La Industria del Software en Colombia se caracteriza por ser pequeña, atomizada (Robledo et al., 2010) y bastante desarticulada (Heshusius, 2009). La desarticulación no solo está presente dentro de las empresas, sino también entre los demás actores de la industria (Heshusius, 2009; López & Ramos, 2007; Tigre & Marques, 2009). Estas condiciones iniciales causan que esta industria se caracterice por presentar crecimiento moderado, con poca sincronía y poca expansión de mercado, pero con amplias potencialidades para su explotación (Castellanos et al., 2007; Tigre & Marques, 2009).

Otras de las condiciones que llaman la atención en la Industria Colombiana del Software, son los problemas en la estandarización de productos y procesos, que conllevan a una mala contabilización y consolidación de los mismos, por parte del estado, entidades y federaciones de software (FEDESOFTE, 2006; Heshusius, 2009). Lo anterior se evidencia en la escasez de datos de alto nivel de confiabilidad y reportes que muestren el estado real de esta industria en el país (Martínez & Arango, 2012). Esta situación se convierte en inaceptable para un país de economía creciente en la Industria del Software, donde las condiciones mismas de esta industria se basan en la agilidad, practicidad, eficiencia operativa, dinamismo, manejo de bases de datos, desarrollo y aplicación de altas tecnologías (Castañeda, 2009; Heshusius, 2009; Pérez & González, 2009; Tigre & Marques, 2009), etc. Por tanto, se demuestra el alto grado de fragmentación de esta industria en el país (Aguilar et al., 2012; FEDESOFTE, 2012).

La industria tiene un mercado dominado por micro y pequeñas empresas, con un porcentaje de participación total de 92% (PROEXPORT, 2010b), que limitan su estrategia de mercado únicamente al desarrollo de software a la medida (Castañeda, 2009) y a la satisfacción de las necesidades de la demanda doméstica (FEDESOFTE, 2008; Pérez &

---

<sup>2</sup> Algunas consideraciones de este capítulo es tomado de un trabajo previo realizado por los autores de esta investigación, en: Martínez, S., & Arango, S. (2012). Análisis en la Industria del Software en Colombia: Una Mirada a la Inversión en Capacidades de Innovación. En Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica en la Industria del Software en Colombia (pp. 120-158). Colombia: Todográficas.

González, 2009). Estas empresas no cuentan con las condiciones necesarias de acumulación y aprendizaje en capacidades de innovación tecnológica para alcanzar el nivel de desarrollo que exige el software estandarizado y la calidad de exportación (Aguilar et al., 2012; FEDESOFTE, 2012; Heshusius, 2009; Robledo et al., 2010; Tigre & Marques, 2009).

Pese a estos factores limitantes, Colombia es un país de economía emergente con una gran estabilidad económica y que ha mostrado un crecimiento del PIB superior al promedio del mundo, convirtiéndose en el país con la economía menos volátil de la región (PROEXPORT, 2010b). El software y los servicios asociados corresponden al 12% y 36%, respectivamente, de la participación de los segmentos del sector de las TICs (PROEXPORT, 2010a). Las ventas de software reportaron un crecimiento aproximado de 100% del año 2005 al 2010; de igual forma, las exportaciones han ido creciendo cerca del 6% anual, las empresas con certificaciones de calidad se han duplicado (Heshusius, 2009; Pérez & González, 2009; PROEXPORT, 2010a, 2010b; Tigre & Marques, 2009) y la piratería de software presenta el nivel más bajo de Latinoamérica (Business Software Alliance, 2010).

El país presenta además, factores claves a la inversión extranjera que pueden favorecer el crecimiento de la Industria del Software y de la economía nacional en general. Entre estos se destacan: la calidad y disponibilidad de recurso humano en áreas de administración y tecnologías de información, múltiples centros de desarrollo en las principales ciudades del país, costos de operación y salarios más competitivos de Latinoamérica, amplia jornada laboral, ubicación geográfica estratégica y crecimiento de zonas francas (Aguilar et al., 2012; FEDESOFTE, 2012; Pérez & González, 2009; PROEXPORT, 2010b; Robledo et al., 2010).

Sin embargo, a pesar de estas ventajas comparativas y del potencial crecimiento de la Industria del Software, el país se encuentra todavía lejos del crecimiento y dinamismo internacional de esta industria a nivel mundial (Tigre & Marques, 2009).

### **3.1 INDICADORES DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN COLOMBIA**

La condición actual del sector de software en Colombia, se encuentra en un momento de gran crecimiento, lo que lo convierte en una industria atractiva para la inversión extranjera y expansión económica (ICEX, 2012). Con relación a la Industria del Software Latinoamericana, Heshusius (2009) argumenta que Colombia es el tercer país con mayor gasto en TICs, de acuerdo al tamaño de su economía, después de Brasil y Argentina, y encontrándose por encima de Chile y México. Esto muestra un indicio de las potencialidades del país para la generación de ventajas competitivas y comparativas en la región.

El informe desarrollado por la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá – ICEX (2012), cataloga a Colombia como un país actualmente más competitivo en el sector de TICs a nivel mundial, por posicionarse según el Índice de Competitividad de la Industria de las Tecnologías de la Información, en el puesto 49 al año 2011, partiendo del puesto 52 en el estudio anterior, realizado por la Economist Intelligence Unit (EIU). Según los factores evaluados, Colombia ha mejorado considerablemente algunos aspectos, como el entorno de Investigación y Desarrollo (I+D), la infraestructura y el capital humano.

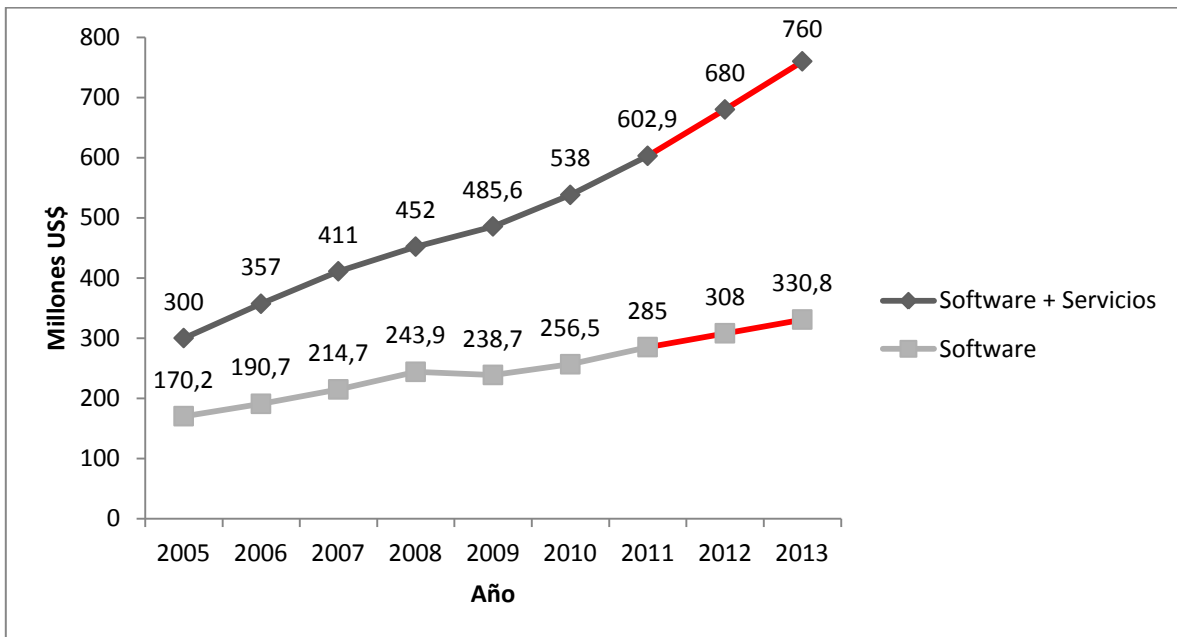
De manera adicional, el entorno legal y normativo favorece el ambiente comercial de negocios, al ampliar las posibilidades de competencia libre a las empresas nacionales. De igual forma, las políticas estatales de impulso a sectores de clase mundial para el crecimiento de economías de países en desarrollo, favorecen la condición actual de la Industria del Software en el país (FEDESOFTE, 2012; ICEX, 2012).

En este apartado se presenta un análisis general de los indicadores que muestran el estado actual de la Industria del Software en Colombia, con relación a los niveles de ventas y exportaciones, fuerzas de mercado (Oferta y Demanda), políticas de favorecimiento a la industria, actores, debilidades, límites al crecimiento y oportunidades a nivel de firmas y a nivel país.

### 3.1.1 VENTAS NACIONALES

Diversos estudios se han encargado de mostrar el crecimiento de la Industria del Software en Colombia, como función de los indicadores de ventas y exportación. El más reciente informe publicado por PROEXPORT (2012), muestra el desarrollo y crecimiento del país como industria dedicada al desarrollo de software y servicios dentro del sector de las TICs.

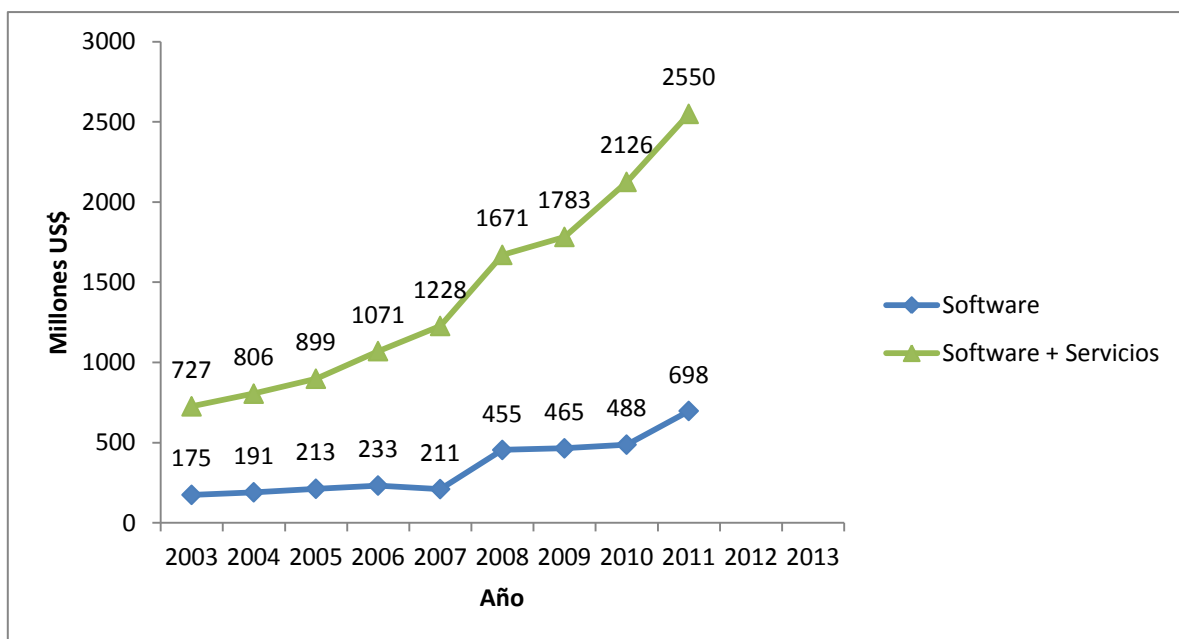
La Figura 2 muestra el comportamiento de las ventas de software a nivel nacional desde el año 2005 al 2010, según información reportada por FEDESOFTE (2011) y ajustada por PROEXPORT (2011, 2012) en los dos últimos reportes anuales. Los valores que se reflejan para los años 2011-2013 son proyecciones estimadas de acuerdo al comportamiento general de la industria. Como se puede observar, al año 2005, la Industria del Software en Colombia reporta ventas de software de 170.2 millones de dólares, y 300 millones de dólares para software y servicios asociados.



**Figura 2. Ventas de Software y Servicios Asociados en Colombia 2005-2013 (FEDESOFTE, 2011; PROEXPORT, 2011, 2012)**

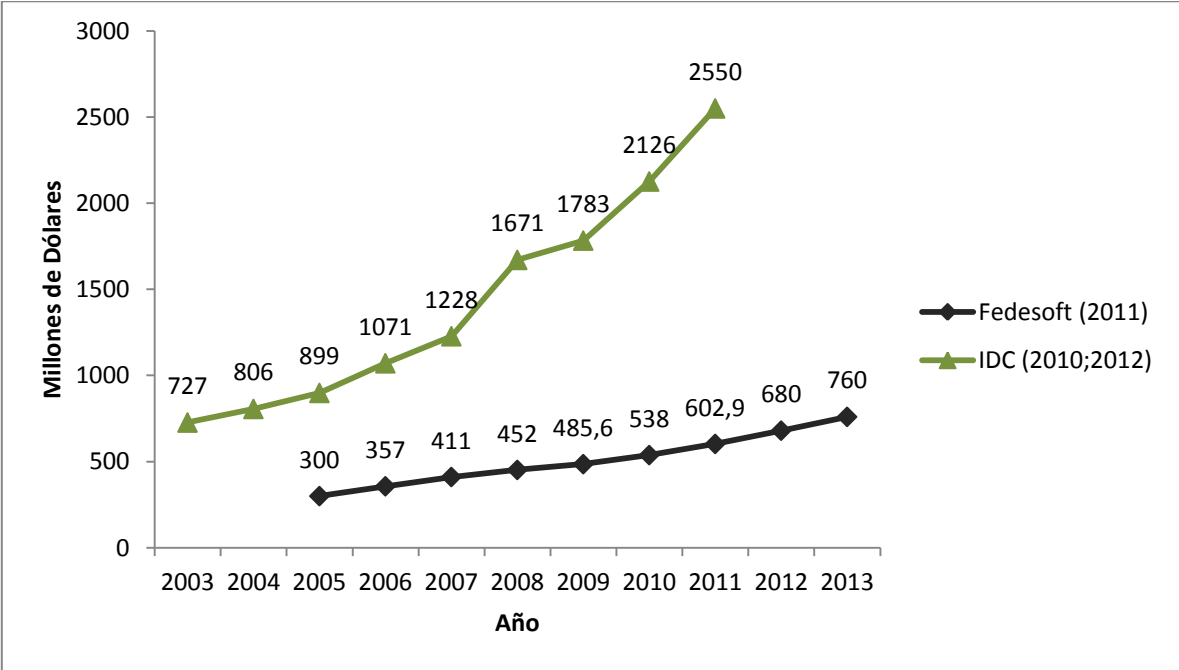
En general, de acuerdo a los datos reportados en la figura anterior, se puede concluir que la industria ha presentado un crecimiento promedio anual de 8% (Pérez & González, 2009; Universidad EAFIT, 2005). Las ventas de software nacional han crecido cerca de un 80% en el período 2005 a 2010, con valores de 300 y 538 millones de dólares, respectivamente.

Otros estudios presentan cifras diferentes de ventas para el sector de software y servicios asociados en Colombia. Tal es el caso de International Data Corporation (IDC, 2010), que en su investigación acerca de la Industria del Software en Colombia y Servicios Asociados, reportan los valores presentados en la Figura 3. Como se puede observar, las ventas de software presentan un crecimiento promedio de 10% antes del año 2008, en el cual, se presenta un comportamiento atípico que genera crecimiento de las ventas en 115%. Este comportamiento de crecimiento acelerado en el año 2008 no se identifica en la Figura 2, por lo que se evidencia inconsistencia entre ambas fuentes con relación al comportamiento de las ventas nacionales.



**Figura 3. Ventas de Software y Servicios Asociados en Colombia 2003-2011 (IDC, 2010; PROEXPORT, 2011)**

Por tanto, la Figura 2 y Figura 3, presentan diferencias en los datos de ventas de software proporcionados. Esta situación no tiene una explicación clara, debido a que se está midiendo las mismas variables en igual intervalo de tiempo. La Figura 4 compara las tendencias de crecimiento de ventas de software y servicios, de ambas fuentes. Las ventas para cada período de tiempo reportadas por IDC (2010), exceden aproximadamente entre un 200% y 250% a los valores que muestra FEDESOFTE (2011).



**Figura 4. Ventas de Software y Servicios Asociados en Colombia - Comparación entre Fuentes**

La explicación a esta discrepancia significativa en los indicadores de ventas de software, evidencian la informalidad en la que se desarrolla el sector en el país y la falta de estándares definidos en el proceso de contabilización de los productos y servicios asociados. Heshusius (2009), ya había mencionado las deficiencias en la consolidación de datos históricos en la industria colombiana de software, así como la falta de actualización de cifras de manera periódica y la diferencia sustancial entre fuentes, definiéndolo como un problema de comunicación que tiene repercusiones directas sobre la unidad de negocios y la estrategia nacional del desarrollo de esta industria.

Con el fin de encontrar estudios cuyas cifras de ventas se asemejen a los valores reportados por una de las fuentes en mención, y que permitan establecer una fuente confiable de referencia para el desarrollo de esta investigación, se analizaron los trabajos desarrollados por ICEX (2012), Tigre & Marques (2009), Heshusius (2009), Palomino (2011), Aguilar et al., (2012), Robledo et al., (2010).

ICEX (2012) presenta ventas de software y servicios asociados de 340 millones de dólares, para el año 2005. Los demás estudios concuerdan reportando ventas de 300 millones para este mismo año, debido a que la fuente primaria en el desarrollo de sus investigaciones es FEDESOFTE (2011). Por tanto, una vez superado esta inconsistencia de datos, se establece como fuente oficial de indicadores de la Industria del Software en Colombia a los informes y estudios realizados por FEDESOFTE.

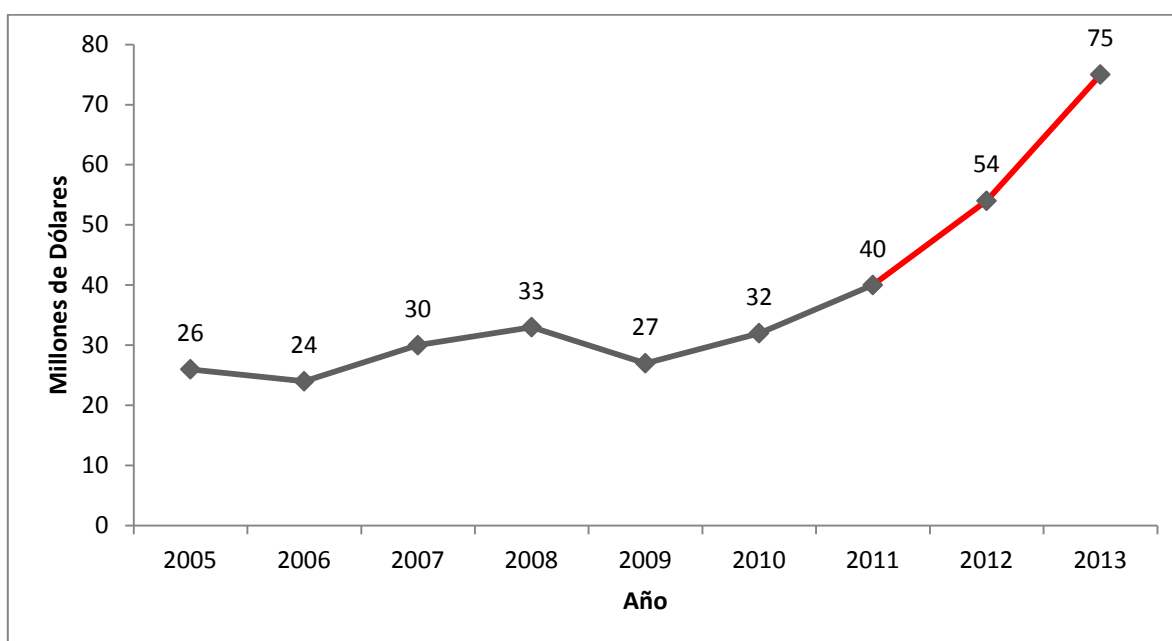
De acuerdo al crecimiento de las ventas (8% anual aproximadamente), se puede concluir que si bien, la Industria Colombiana de Software ha presentado crecimiento, este valor es pequeño comparado con otros países Latinoamericanos y de ingreso tardío. Por ejemplo, China creció cerca del 35% al año 2002 (Arora, Gambardella, & Klepper, 2005), Brasil al año 2005 presentó un crecimiento anual de 29% (López & Ramos, 2007), mientras que Argentina creció cerca del 20% al año 2007 (López & Ramos, 2007). Por su parte, México obtuvo un crecimiento promedio de 15.3% al año 2003 (Sallstrom, Consulting, & Damuth, 2003) y Uruguay de 12% al año 2007 (López & Ramos, 2007).

Con relación a cifras absolutas de ventas de software, Brasil reporta ventas de 2831 millones de dólares, México muestra el mayor índice en ventas de software empaquetado de 817 millones de dólares y Colombia de 300 millones de dólares (FEDESOFTE, 2011; López & Ramos, 2007; Sallstrom et al., 2003).

Según el análisis de mercado realizado por FEDESOFTE (2006), Colombia ocupa el cuarto lugar en la participación del mercado latinoamericano con un 10%. Brasil es el país que mayor cobertura del mercado Latinoamericano posee con un 38%, seguido de Venezuela con 12% y México con 10%.

### 3.1.2 EXPORTACIONES

La Figura 5 presenta el comportamiento de las exportaciones de productos de software, desarrollados por la industria nacional. En general, se puede concluir que las exportaciones han presentado un crecimiento lento, con un valor promedio aproximado a 10% anual. Para el año 2010, el valor de las exportaciones asciende a 32 millones de dólares.



**Figura 5. Exportaciones de Software (FEDESOFTE, 2011; PROEXPORT, 2012)**

Con relación a los datos de ventas de software nacional, se puede estimar que las empresas colombianas de software exportan en promedio un 7% de la producción total (Pérez & González, 2009; Universidad EAFIT, 2005). Este valor es considerado bajo, al compararlo con los niveles de exportación de otros países latinoamericanos como Argentina, que exporta en promedio 28% de su producción nacional. Las exportaciones de Brasil ascienden en promedio al 5% de su producción, pero corresponden a 307.5 millones de dólares al 2004 (Tigre & Marques, 2009); nótese que este valor es superior al nivel de ventas colombianas para el año 2005. En México, las exportaciones crecieron

alrededor de 156.6% en el período de 2000-2005 (Mochi & Hualde, 2009). Los principales destinos de las exportaciones nacionales son Ecuador, Venezuela, Estados Unidos, Panamá y Costa Rica (FEDESOFTE, 2006; Heshusius, 2009; Tigre & Marques, 2009).

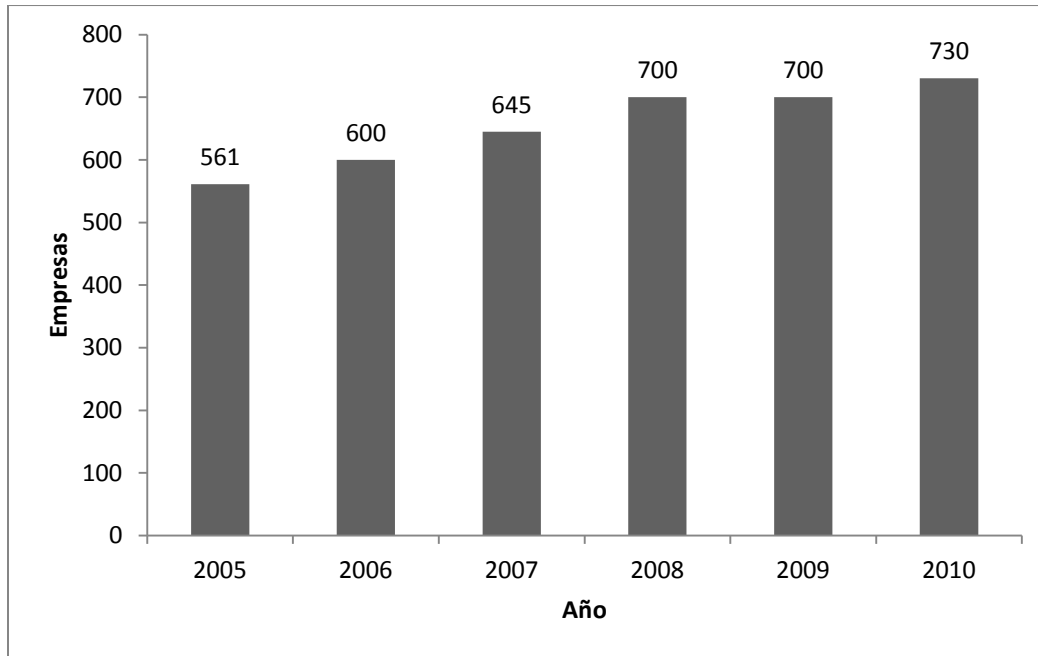
Al 2011, el número promedio de empresas que exportan software es de 24 y las que exportan servicios suman 21 empresas. Estos valores corresponden al 4,5% del total de las empresas de software en el panorama nacional de esta industria (FEDESOFTE, 2012).

De acuerdo con FEDESOFTE (2012), el 20% de las empresas colombianas cuentan con planes de comercio exterior para impulsar la exportación de sus productos de software, el cual, está siendo cada vez más reconocido en América Latina. Pero, éstas presentan problemas en la exportación debido a las deficiencias en las políticas nacionales, ya que la clasificación arancelaria depende del medio de distribución de software, y debido a la intangibilidad del mismo, aún no existe regulación para exportaciones que se realicen por correo electrónico o ventas en línea (Heshusius, 2009). Esta puede ser la razón por la cual muchas exportaciones no quedan registradas, y en algunos casos, queda registrada la exportación del medio en el que se distribuye el software, sumando por ejemplo, el valor del CD y no del programa que éste contenga, al igual que su valor comercial.

Pérez & González (2009) añaden a las dificultades de exportación, la política fiscal y tributaria del país, la cual, aplica retención a todos los productos de software en toda la cadena de suministro, desde el fabricante hasta el usuario final. Esta condición hace que la rentabilidad del producto se reduzca, y que los actores de la cadena se vean obligados a incrementar su precio, siendo menos competitivos en el mercado.

### **3.1.3 OFERTA (EMPRESAS)**

En cuanto al número de empresas colombianas, a pesar de aumentar un 7% anual, el sector es considerado de carácter oligopólico (FEDESOFTE, 2006; Universidad EAFIT, 2005). El sector de software en Colombia está conformado aproximadamente por 730 empresas desarrolladoras de software, con la presencia de 19 empresas multinacionales del total presentado (Heshusius, 2009; Tigre & Marques, 2009). Estas empresas asocian empleos directos e indirectos a cerca de 40.000 personas según ICEX (2012) y 17.860 empleos al año 2010, de acuerdo con PROEXPORT (2011). La Figura 6 presenta el comportamiento creciente de las empresas en la Industria del Software nacional.



**Figura 6. Empresas de Software en Colombia 2005-2010 (PROEXPORT, 2010a, 2011)**

Las empresas colombianas de software se caracterizan por ofertar principalmente soluciones de software para aplicaciones financieras, de facturación, ERP, inventario y recursos humanos. Con menor proporción en software de control de cartera y servicios de intranet (ICEX, 2012; PROEXPORT, 2009, 2010a).

Con relación al estudio de la caracterización de productos y servicios en la Industria del Software en Colombia, realizado por FEDESOFTE (2012), se resume que del total de las 1120 empresas encuestadas en cuanto a la actividad principal, 607 (54.2%) se dedican al desarrollo de software, mientras que tan sólo 225 empresas se dedican a la comercialización o licenciamientos de productos de software, lo que equivale al 20.1% del total de la muestra. Para los servicios de software, se obtuvo un total de 285 empresas (25.4%). El 3% restante, no proporcionó información de su actividad principal como empresa de software.

De acuerdo al estudio anterior, con relación a las líneas de negocio, la mayoría de las empresas se concentran en el desarrollo de software a la medida (63%), servicios de

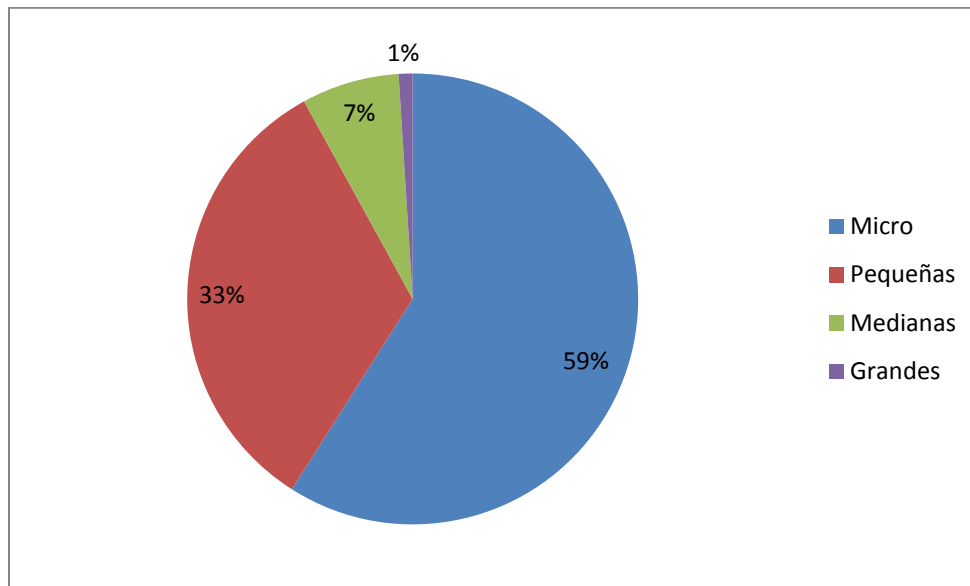
consultoría (50%), desarrollo de aplicaciones Web (48%), y soporte y mantenimiento de software (41%).

Entre las empresas desarrolladoras y comercializadoras en la Industria del Software en el país, se destacan PSL, SQL Software y Choucair Cardenas Testing S.A en la Ciudad de Medellín (Heshusius, 2009; ICEX, 2012), Enigma de Parquesoft en Cali y Digital Ware, Open, Nexsys y AlfaGL en la ciudad de Bogotá D.C (Heshusius, 2009). Estas empresas se destacan por su alto nivel de calidad de productos y servicios, cumpliendo con los requisitos de competitividad internacional.

Las empresas certificadas han incrementado satisfactoriamente en los últimos años (Campo, 2008), doblando el número de empresas con certificaciones CMMI (Capability Maturity Model Integration) a 40 empresas en el 2010. Este crecimiento considerable se produjo gracias a la acción de entidades estatales y privadas como el SENA, COLCIENCIAS y PROEXPORT, con el desarrollo de programas que apoyaron a cerca de 60 empresas a obtener tal calificación (PROEXPORT, 2010b).

Además, FEDESOFTE (2012) indica que a nivel nacional, 162 empresas de software tienen algún tipo de certificación, distribuyéndose de la siguiente manera: 89 empresas (54.94%) presentan certificación ISO 9001, 19 empresas (11.73%) obtuvieron la certificación CMMI y 54 empresas (33.33%) han adquirido otro tipo de certificación, a saber, Microsoft, Oracle, IT Mark, entre otras. El número de empresas con certificación CMMI difiere del valor presentado en el informe de PROEXPORT (2010b) en un 50% aproximadamente.

Finalmente, se presenta la distribución de las empresas de software, de acuerdo a su tamaño, en la Figura 7. De ésta se puede deducir que el 59% del total de las empresas, corresponde a microempresas, evidenciando un alto porcentaje en el dominio del mercado nacional. Las grandes empresas corresponden solamente al 1% del total y las medianas al 7%.



**Figura 7. Participación del Tamaño de las Empresas de Software en Colombia (PROEXPORT, 2010a, 2011)**

Siguiendo la clasificación de empresas realizado por PROEXPORT (2011), de acuerdo a su tamaño, una empresa se considera como PYME (pequeña o mediana), si su facturación anual promedio es inferior a 500.000 dólares. Por tanto, una empresa es considerada grande, si su facturación anual promedio supera este valor. En este mismo estudio, se proyecta un cambio en la participación de empresas, según su tamaño, mostrando un crecimiento de 1% para las empresas grandes, 2% para las empresas medianas, 1% para las empresas pequeñas y una reducción del 4% para las microempresas. Esta situación se valida con información relacionada al tiempo promedio estimado de vida de una microempresa en la Industria del software en Colombia, el cual es aproximadamente inferior a dos años.

### **3.1.4 DEMANDA**

La demanda de productos de software y servicios asociados en el país, se ubica en las ciudades principales como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga y Cartagena (ICEX, 2012). La razón es clara, son ciudades altamente pobladas y con grandes centros económicos e industriales; además, son focos de desarrollo académico e investigativo, con alta accesibilidad a la oferta de mano de obra capacitada y calificada.

La demanda de estos productos por sector económico corresponde en mayor proporción a entidades gubernamentales, con un porcentaje asociado de 24.6%; las empresas dedicadas al comercio ocupan el segundo lugar con 22.3%, seguidas de empresas de servicios de intermediación financiera con 11.6%. En menor proporción, se encuentra el sector económico de refinerías de petróleo y construcción de obras de ingenierías, con tan sólo el 2% (FEDESOFTE, 2012).

La demanda de productos y servicios de software se dividen en aplicaciones, desarrollo e infraestructura. Los principales productos demandados en la categoría de aplicaciones están destinados a la administración de recursos empresariales (41%), y aplicaciones de operaciones y manufactura (28%). En la categoría de infraestructura, la demanda se centra en la administración de sistemas y red (41%), y seguridad (35%). Para la categoría de desarrollo, se destacan productos y servicios relacionados con la administración de software de información y datos (61%), y aplicación de servidores middleware (13%) (PROEXPORT, 2010b, 2011).

Heshusius (2009) presenta la proporción de la demanda de productos y servicios de software en diferentes sectores económicos del país, que son satisfechos por la Industria del Software nacional. Para el sector de comercio y servicios, la industria nacional cubre el 78% de su demanda; además, satisface el 66% para el sector industrial y el 59% para el gobierno y el sector financiero.

### **3.1.5 TALENTO HUMANO**

Al ser la Industria del Software una industria de conocimiento, el recurso humano es un insumo fundamental para su crecimiento y expansión. Colombia cuenta con capital humano de calidad y con centros educativos y de investigación de alto nivel a escala mundial. El comportamiento creciente de matriculas anuales de pregrado y posgrado, y el número de profesionales graduados en áreas de administración e ingeniería, prometen ampliar la base de capital humano hacia la búsqueda del posicionamiento de la Industria del Software a niveles de alta competitividad internacional (Heshusius, 2009; Robledo et al., 2010; Tigre & Marques, 2009).

La deficiencia principal que presenta la industria nacional con relación a la explotación del talento humano, son las pocas condiciones laborales que las empresas les brindan a los

profesionales, entre ellas, la remuneración salarial por el trabajo realizado. Por ejemplo, un nuevo profesional en Colombia tiene un costo anual de 12.000 dólares, mientras que en Estados Unidos cuesta 36.000, y, un profesional con experiencia cuesta anual 30.000 dólares y en Estados Unidos 72.000 (Heshusius, 2009). Este factor favorece la diáspora (Pérez & González, 2009).

Desde el punto de vista de las empresas colombianas de software, éstas reportan el grado de escolaridad de sus empleados, concluyendo que aproximadamente el 65.2% corresponden a profesionales universitarios. Los tecnólogos y técnicos suman 21.4%, mientras que los profesionales con especializaciones corresponden a 6.6%. Los profesionales con estudios de posgrado en maestrías y doctorados suman aproximadamente el 1% (FEDESOFTE, 2012). Adicionalmente, sólo 15 empresas reportan haber contratado doctores, y 62 empresas, profesionales con maestrías, mientras que 848 empresas han contratado profesionales universitarios (FEDESOFTE, 2012).

Estos valores son considerados bajos, teniendo en cuenta la razón de ser de la Industria del Software, donde el recurso humano es fundamental para el desarrollo, crecimiento, expansión y fortalecimiento de la misma; además, puede ser un límite al crecimiento de la industria nacional, por presentar bajos de niveles de innovación, investigación y desarrollo (Aguilar et al., 2012; Castañeda, 2009; Martínez & Arango, 2012; Pérez, 2011; Robledo et al., 2010). En este sentido, autores recomiendan que el fortalecimiento del sector industrial a nivel mundial, se logre con el fortalecimiento de programas de doctorado y maestrías en las instituciones de educación superior de los países de ingreso tardío (Castellanos et al., 2007; FEDESOFTE, 2006, 2012; Heshusius, 2009; López & Ramos, 2007; PROEXPORT, 2010a; Tigre & Marques, 2009).

### **3.1.6 DEBILIDADES**

Las debilidades que presenta la Industria del Software en Colombia, se consideran límites al crecimiento porque impide el crecimiento y expansión de la industria a nivel nacional e internacional, debido a que reducen los niveles de competitividad.

Dentro de las principales debilidades de esta industria a nivel nacional, la literatura reporta como críticos los siguientes factores: política fiscal y tributaria, piratería de software, recursos financieros, personal capacitado y calificado, dominio de idiomas,

reglamentación gubernamental, inversión en capacidades de innovación, reconocimiento y certificación de empresas, calidad de productos y servicios, competitividad en el mercado, sinergias y alianzas estratégicas, estrategias de mercadeo, operación y desarrollo, seguimiento industrial, orientación de programas de ingeniería de software y áreas afines, racionalidad limitada en toma de decisiones, manejo administrativo y gerencial, datos históricos consolidados e integración de actores industriales (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Campo, 2008; Castellanos et al., 2007, 2007; FEDESOF, 2006, 2008, 2009, 2011, 2012; Gómez, 2011; Heshusius, 2009; Londoño, 2005; López & Ramos, 2007; Merchán & Urrea, 2007; Palomino, 2011; Pérez & González, 2009; PROEXPORT, 2008; Robledo et al., 2010; Tigre & Marques, 2009).

Otorgando ponderaciones de importancia de estas debilidades en la Industria del Software, Heshusius (2009) encontró que el 44.1% de las empresas identifican como problema principal la carencia de fuentes de financiamiento. Como problemas adicionales, se destacan el desconocimiento de prácticas de mercado y comercialización para el 33.3% de las empresas. Por otro lado, el desconocimiento de innovaciones en productos y servicios, y la falta de una política de estado para la Industria del Software comparten la importancia en 31.2% de las empresas participantes en este estudio. Para el 26.9% de las empresas, las deficiencias en la capacidad gerencial se convierte en uno de los principales límites al crecimiento de las empresas en esta industria.

Las debilidades en el tema de exportación se asocian directamente al desconocimiento de oportunidades de negocio en el exterior (28%), desconocimiento de los procesos y políticas de exportación (18%) y no cumplir con los estándares de calidad que exigen el mercado internacional (17%) (FEDESOF, 2006). Estas deficiencias se enmarcan en el entorno del mejoramiento de regulaciones y políticas para la Industria del Software en Colombia, así como, en el fortalecimiento del recurso humano con capacidad para desarrollar productos y servicios de calidad, que tengan ingreso y posicionamiento en el mercado internacional.

Aunque algunas empresas cuentan con certificaciones de calidad y personal calificado, los niveles siguen estando bajos, si se comparan con niveles de certificación de empresas internacionales y número de empleados con estudios de posgrado, especialmente maestrías y doctorados. La calificación otorgada en el estudio de Pérez & González (2009), a nivel local para las certificaciones de las empresas fue 5 y el promedio global 9,

lo que demuestra el nivel de inferioridad en este aspecto. Para las especializaciones, el puntaje local fue de 3, comparado con 9 que corresponde al global. En cuanto al tema de idiomas, Colombia sigue presentando un nivel bajo.

Con relación al tema de inversión en capacidades de innovación, la industria nacional se encuentra por debajo (2 puntos) del promedio global (9 puntos), de acuerdo al estudio realizado por Pérez & González (2009). Las empresas no cuentan con estrategias de reinversión en estas capacidades para favorecer su acumulación, aprendizaje y experiencia en pro de la innovación y competitividad de sus productos (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Robledo et al., 2010). Algunos autores enfatizan en la necesidad de difundir esta estrategia en las empresas y realizar estudios de seguimientos periódicos para monitorear el desarrollo de la misma (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Castañeda, 2009). Las encuestas de innovación tecnológica son ejemplo de los estudios a implementar (Gómez, 2011).

Los factores económicos (impuestos, créditos, capital de riesgo, estado de la economía, etc.) son claves en la generación de ventaja competitiva, pero para el caso de Colombia, estos se convierten en factores de riesgo que afectan la supervivencia de las empresas en la Industria del Software (Pérez & González, 2009). Como ya se había mencionado en el tema de las exportaciones, los impuestos se cargan a toda la cadena de valor de productos y servicios de software, haciendo que la rentabilidad para cada uno de los actores se reduzca. Los créditos se han centrado en el impulso de otros sectores estratégicos de la economía nacional, como el agro; además, las condiciones de intangibilidad de las empresas de software afectan este recurso, al no poseer gran cantidad de activos fijos que respalden algún tipo de beneficio financiero (FEDESOFTEC, 2006; Merchán & Urrea, 2007; Pérez & González, 2009; Universidad EAFIT, 2005).

La prevalencia de condiciones estáticas en la Industria del Software, inhibe su transformación hacia el crecimiento acelerado y fortalecimiento en el mercado mundial. Para contrarrestar estos efectos se plantea la innovación como herramienta fundamental. La innovación puede ser incierta, riesgosa y costosa (Capaldo et al., 2003; Robledo et al., 2010), pero una adecuada estrategia de innovación contribuye al mejoramiento de la gestión empresarial y conduce al éxito en el mercado.

### 3.1.7 DESARROLLOS Y LOGROS

Dentro de los desarrollos y logros que ha alcanzado la Industria del Software en Colombia, se destacan las políticas adoptadas en los últimos años por el gobierno, como el TLC que ha favorecido el mejoramiento del entorno comercial (ICEX, 2012). También se resalta el desarrollo de propuestas de incentivos que permita extender beneficios industriales a empresas que estén ubicadas en zonas francas, con el fin de propiciar la exportación de productos y servicios de software (FEDESOFTE, 2006). Otro de los avances en aspectos de legislación está relacionado con el mejoramiento de aplicación de los derechos de propiedad intelectual (ICEX, 2012).

El capital humano ha mejorado (ICEX, 2012), gracias al desarrollo de proyectos que tienen como objetivo proveer habilidades y conocimientos, como la capacitación del personal y certificación de empresas de TICs. Este proyecto ha sido impulsado por Colciencias, brindando capacitación en diseño, instalación y mantenimiento de redes, y desarrollo de habilidades gerenciales (FEDESOFTE, 2006).

El mejoramiento del sistema educativo ha incrementado la fuerza laboral del país (FEDESOFTE, 2006), siendo considerada como la mayor fuerza laboral de Latinoamérica, la cual, continúa en crecimiento constante (Heshusius, 2009). Adicionalmente, los costos laborales son los más competitivos de la región (ICEX, 2012; PROEXPORT, 2009) y como valor adicional, Colombia cuenta con el mayor índice de flexibilidad laboral, permitiendo horarios diurnos de 6 a.m. a 10 p.m. Este índice permite compararse con países como Argentina, cuyo horario diurno comprende entre las 6 a.m. y 9 p.m., y Ecuador, el cual finaliza a las 7 p.m. (PROEXPORT, 2010a).

Los pronósticos de crecimiento del sector son bastantes altos (Tigre & Marques, 2009), motivando el incremento de la inversión extranjera y permitiendo el establecimiento de relaciones comerciales que favorezca la expansión de la industria hacia el mercado internacional (FEDESOFTE, 2006; Heshusius, 2009). Adicionalmente, se han desarrollado programas de mercadeo que permita lograr el posicionamiento estratégico de la marca a nivel internacional, como contactos directos con multinacionales, artículos, y participación y promoción de eventos comerciales (FEDESOFTE, 2006, 2009).

El establecimiento de alianzas entre el estado y gremios empresariales de software, ha permitido el inicio de acciones que permitan la conversión de debilidades en fortalezas, a través del aprovechamiento de las ventajas comparativas y competitivas. El estado ha iniciado políticas que estimule el desarrollo del sector y FEDESOFTE intenta unificar y consolidar toda la información relacionada con el desarrollo de la industria colombiana del software (Heshusius, 2009; Tigre & Marques, 2009). También, ha crecido la realización de agremiaciones entre las empresas, como por ejemplo, la conformación de clúster y parques tecnológicos (FEDESOFTE, 2006). Colombia ha aumentado favorablemente el entorno de I+D, evidenciado en el aumento de las solicitudes de patentes en el sector de las TICs (ICEX, 2012).

En el análisis de mercado desarrollado para las empresas colombianas de Software (FEDESOFTE, 2006), los siguientes aspectos se establecen como factores críticos de éxito: capital de trabajo que financie el crecimiento (21%), desarrollo de agresividad comercial y mercadeo (20%), personal calificado y actualizado (18%), y alto nivel de desarrollo en administración de contratos y gerencia de proyectos (13%).

En términos de perspectivas, el gobierno, a través del programa de transformación productiva, se ha fijado la meta de convertir a Colombia en un país de ingresos medios-altos en los próximos 25 años. Algunos indicadores de esta proyección, es el crecimiento de las ventas internas hacia 5000 millones de dólares, al año 2032, al igual, que el crecimiento relativo de las exportaciones de productos y servicios de software. Los objetivos de crecimiento de este programa son muy ambiciosos, ya que establece como meta para el 2019, convertir al país en el tercer más competitivo de la región. Para el año 2032, se espera que el país centre su estrategia de negocios en la exportación masiva de productos y servicios a países europeos y Estados Unidos (FEDESOFTE, 2006).

## **3.2 PROGRAMAS DE FORTALECIMIENTO Y CRECIMIENTO INDUSTRIAL NACIONAL**

En el país se cuenta con entidades públicas y privadas que fomentan e impulsan el crecimiento industrial del software, a través del apoyo en el mejoramiento de las capacidades empresariales e incentivo a la inversión extranjera.

ICEX (2012) destaca como entidades gubernamentales al Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, COLCIENCIAS y PROEXPORT (Promoción del Turismo, Inversión y Exportaciones). Como entidades que se dedican a brindar apoyo a las empresas de software, se encuentran la Federación Colombiana de la Industria del Software (FEDESOFTE), la Corporación Colombia Digital y la Cámara Colombiana de Informática. Dentro de las entidades de integración que han favorecido la conformación de clúster regionales, se resaltan la acción de ParqueSoft (Cali), Alianza SinerTIC (Bogotá), Intersoftware (Antioquia), TecnoParque y el Parque tecnológico de Antioquia. Además, se resalta la importancia de asociaciones que centran sus iniciativas en la prestación de servicios y en la capacidad de generar identidad y reconocimiento a los profesionales, entre ellos, los ingenieros de sistemas, entre ellas, ACIS (Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas), ACCIO (Asociación Colombiana de Informática), ACUC (Asociación Colombiana de Usuarios de Informática y Comunicaciones). La Cámara Colombiana de Informática agrupa un selecto grupo de empresas de comunicaciones y telecomunicaciones.

También se ha creado una serie de programas desde la iniciativa del gobierno colombiano para apoyar el fortalecimiento de la Industria del Software como un sector industrial que impulse el crecimiento económico del país. Dentro de estos programas, se resalta la acción de los que han sido desarrollados en los últimos años, cuyo seguimiento y resultados han sido caso de estudios en investigaciones relacionadas con esta industria en el país. A continuación, se presentan estos programas (FEDESOFTE, 2012; Heshusius, 2009; McKinsey, 2008; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2008; Ministerio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones, 2009; PROEXPORT, 2012; Tigre & Marques, 2009):

- Computadoras para Educar: Inició en el año 2000 a cargo del Ministerio de Educación Nacional y del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Su función principal es dotar las instituciones educativas de carácter público de computadores para que fuese posible el acceso y la educación en TICs.
  
- Agenda de la Conectividad: Centra su desarrollo en mejorar el acceso a la educación, capacitación e infraestructura de software, con la finalidad de llevar a las entidades públicas y privadas del país hacia un entorno de gestión en línea. Dentro de este plan se han desarrollado los siguientes proyectos:
  - Gobierno en línea: Facilita la realización de trámites por internet y el seguimiento de diversas políticas públicas del gobierno, además de intranet gubernamental.
  - Programa Prymeros: Apoyo permanente a las pequeñas y medianas empresas para facilitar el mejoramiento de su competitividad.
  - Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada (RENATA): Permite la identificación y conexión a alta velocidad con universidades y centros de investigación en el país. Esta estrategia es apoyada a nivel nacional por la Agenda de Conectividad del Ministerio de Comunicaciones, el Ministerio de Educación Nacional y COLCIENCIAS; a nivel internacional, la respalda la Comunidad Europea.
  
- Proyecto Cumbre: Su misión se centra en facilitar el acceso a los programas de posgrado en áreas de TICs, con el fin de formar una sociedad de conocimiento.
  
- Programa de Transformación Productiva: Impulsado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo desde el año 2007. Este programa busca impulsar el crecimiento de sectores económicos emergentes que son estratégicos en la economía colombiana, catalogados entonces como Sectores de Clase Mundial. El principal objetivo de este proyecto se convierte en convertir al país en uno de los más competitivos de la región, con ingresos en niveles medio-alto, considerando una proyección de 25 años (2032). La meta de este programa para el sector de software y servicios asociados, se direcciona al crecimiento de las ventas al año 2013, para el

cual, se espera que éstas superen valores entre el 17% y 19% anual (McKinsey, 2008; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2008).

- Programa de Fortalecimiento de la Industria de Tecnologías de la Información-FITI: Este programa va ligado al programa de Transformación Productiva, expuesto anteriormente. Sus avances están ligados a la dinamización de diferentes líneas de acción que permitan la construcción de un modelo integral y sistémico. La gestión de este programa se ejecuta a partir de ocho líneas de acción estratégicas, presentadas en la Figura 8.

En esta figura se puede observar como el fortalecimiento de la industria del software y el sector de TICs, parten de la integración de líneas de acción estratégicas, basadas en las principales deficiencias de las empresas y de la industria en general, reportados en estudios mencionados en este trabajo. Estas líneas son: emprendimiento y fortalecimiento empresarial, calidad, infraestructura, asociatividad, normatividad, talento humano, visión estratégica del sector, I+D+i que integra en general a las capacidades de innovación tecnológicas.

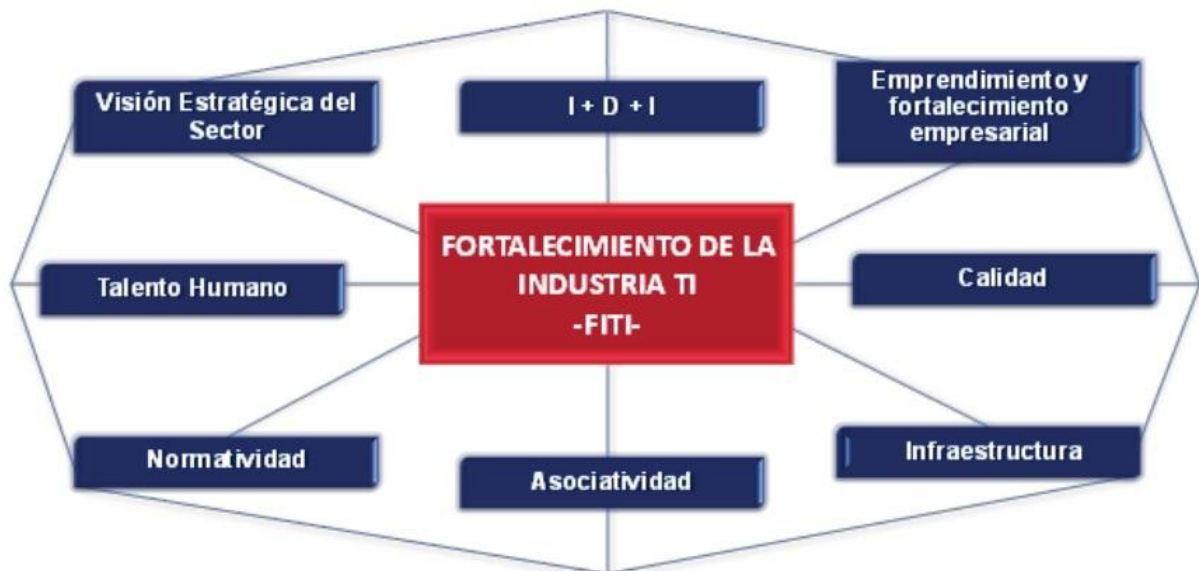


Figura 8. Modelo Integral FITI - Líneas Estratégicas (FEDESOFTE, 2012)

A pesar de todos estos esfuerzos, aún está presente la falta de sincronía, creación de alianzas, competencia leal y comunicación entre los actores de la industria a nivel nacional (Tigre & Marques, 2009).

## 4. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO INDUSTRIAL

La estructura de la industria se clasifica como un factor dinámico de competitividad (Aguilar et al., 2012). Por esta razón, Porter (1991) enfatiza en la importancia de realizar análisis competitivos que permitan la evaluación de una firma con relación a su entorno de competencia. En su modelo de Cinco Fuerzas o Diamante de Competitividad, Porter (1991) explica la relevancia de la estrategia competitiva con relación a cinco fuerzas de mercado, de análisis permanente en la industria: amenaza de nuevos competidores, ingreso de productos sustitutos, poder de negociación de los proveedores, poder de negociación de los compradores e intensidad de la rivalidad de la industria.

Una firma debe utilizar estas fuerzas como estrategias que permitan encontrar y defender una posición justificada en la industria, tomando ventaja competitiva con relación a la competencia (Pérez & González, 2009; Teece et al., 1997).

Por su parte, Sterman (2000) centra su estrategia de crecimiento industrial en la creación de ciclos de realimentación positiva que permitan potencializar el crecimiento de una firma y disminuir los efectos de las amenazas de la competencia. Dentro de estos se destacan la formación de ciclos importantes como: reconocimiento de marca por parte de los clientes, costos de desarrollo unitario competitivos (economía de escala), precios y costos de producción, efectos de red y bienes complementarios, diferenciación de productos, desarrollo de nuevos productos, mercado potencial, fusiones y adquisiciones, creación de alianzas estratégicas, calidad en la fuerza de trabajo, y creación de sinergias para el crecimiento corporativo.

Algunos autores atribuyen el éxito de los países de ingreso tardío en la Industria del Software, a la inversión y desarrollo de estrategias de innovación y conocimiento que generaron ventaja competitiva diferencial, propiciando el crecimiento y expansión de las firmas, y por ende, el de la industria (Aguirre, 2010; Breznitz, 2007; Gómez, 2011; M'Chirgui, 2009; Malerba, 2007; Robledo et al., 2010). Dentro de estas estrategias, se enmarcan las inversiones, acumulación y experiencia derivadas de las capacidades de innovación tecnológicas, como factores generadores de ventaja competitiva en las empresas de software (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Palomino, 2011; Robledo et al., 2010; Villalba, 2012). De hecho, McKinsey (2008) recomienda que para convertir la

Industria del Software en Colombia en un sector estratégico de clase mundial, se deben tener iniciativas de gestión relacionadas con la I+D e innovación.

La importancia de la creación, desarrollo y evaluación de estrategias centradas en capacidades de innovación, se debe principalmente a que son estrategias innovadoras, de alto nivel de conocimiento aplicado en cada uno de sus procesos, lo que marca diferencia en cuanto a las ventajas comparativas y competitivas, con relación a sus competidores.

Sin embargo, cabe resaltar que una estrategia es tan buena como los planes que se establezcan para su ejecución (Hill, 1994). En este sentido, aunque las empresas de software diseñen estrategias que puede impulsar el crecimiento corporativo, fallan en su implementación por no contar con los recursos necesarios para llevar a cabo la ejecución de la misma, por ejemplo, recursos económicos, humanos y tecnológicos (Martínez, Arango, & Robledo, 2012; Morecroft, 2007).

## **4.1 CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO ESTRATEGÍA DE CRECIMIENTO INDUSTRIAL**

### **4.1.1 LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS**

El Manual de OSLO contempla varias definiciones de innovación, propuestas por otros autores (Aguirre, 2010), entre ellos la OCDE (Organisation for Economic Cooperation and Development and Statistical Office of the European Communities 2005). Esta organización define la innovación como: *“introducción de un nuevo, o significativamente mejorado producto (bien o servicios), de un proceso, de un método nuevo de comercialización (mercadotecnia) o de un nuevo método organizativo en las prácticas internas de una empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. Este concepto engloba los productos, los procesos y los métodos que las empresas son las primeras en desarrollar y aquellos que han adoptado de otras empresas u organizaciones, la innovación implica la puesta en marcha de un nuevo proceso de producción de nuevo*

*conocimiento, la medición de la actividad innovadora desempeñada por las empresas debe recoger el conjunto de fuentes de nuevas ideas y de actividades que contribuyen al éxito de los proyectos de innovación, desde la I+D hasta la calificación de los gestores, actividades de marketing ligadas a la innovación, actividades de monitorización y seguimiento de las actividades productivas, como control de calidad, de producción, apoyo público a la innovación, adquisición de tecnología incorporada y no incorporada, gastos de entrenamiento y aprendizaje, cooperación con terceros, etc.” (OCDE, 2005).*

Desde el punto de vista de mercados industriales, la innovación se define como la introducción de un nuevo bien o método de producción, la apertura de mercados, la creación de una nueva visión estratégica de organización y la obtención de una nueva fuente de aprovisionamiento, de acuerdo con los principios presentados por Schumpeter, en la teoría del desarrollo económico (Backhaus, 2002). De esta forma, la innovación se convierte en la herramienta fundamental de los empresarios innovadores (Drucker, 1986) porque les permite explotar oportunidades para la creación de negocios diferentes.

Lall (1992), define a la innovación como la capacidad de absorber conocimiento, habilidades y destrezas, cualidades que permiten la eficacia en una organización, a través del mejoramiento de las tecnologías existentes o adopción de nuevas.

Quizás la importancia de la innovación en las empresas y sectores industriales, radique en que toda innovación va ligada a un valor económico (Drucker, 1986), propiciando a la vez, el crecimiento socio-económico de las empresas por medio de la acción de efectos de realimentación (Backhaus, 2002). En este sentido, Freeman et al., (1982), afirman que la innovación permanente en las empresas es una condición indispensable para el crecimiento económico de una nación, convirtiéndose para éstas en el elemento más importante de su estrategia competitiva.

Toda innovación surge de la aplicación de un conocimiento, ocasionando una realimentación interna de éste, lo que origina la formación de ciclos que refuerzan a su vez, la generación de nuevos conocimientos (Camagni, 1991). La formación de ambos ciclos de realimentación: innovación y conocimiento, e innovación y crecimiento económico, convierten a la innovación en un factor crítico de competitividad en las industrias, especialmente, en aquellas que requieran de altos niveles de innovación, conocimiento y capacidades dinámicas, para permanecer activas y competitivas en el

mercado (Capaldo et al., 2003; Giarratana, 2004). Estas características las cumple la Industria del Software, al pertenecer a un sector cuyas necesidades se basan en altos niveles de innovación e implementaciones tecnológicas.

La innovación puede resumirse entonces, como la capacidad de satisfacer los requisitos de estrategias de las empresas, permitiendo la obtención por diversos medios, pero con una finalidad clara establecida: mejorar las condiciones empresariales en entornos altamente competitivos (Guan & Ma, 2003). Por tanto, se reconoce la importancia de la innovación y el cambio tecnológico en las organizaciones, como fuente de ventajas competitivas para las empresas, con la capacidad adicional, de ser acumulativas a través de procesos de aprendizajes (Aguirre, 2010; Camagni, 1991; Capaldo et al., 2003; Freeman et al., 1982; Guan & Ma, 2003; Robledo et al., 2010)

#### **4.1.2 LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

El concepto de capacidades de innovación surge ante la necesidad de expresar la innovación como una relación entre los recursos organizacionales y su utilización en pro de la innovación (Aguilar et al., 2012; Aguirre, 2010; Gómez, 2011; Robledo et al., 2010).

Las capacidades de innovación tecnológica hacen referencia a la gran variedad de conocimientos y habilidades que las empresas necesitan para adquirir, asimilar, utilizar, adaptar, cambiar y crear tecnología (Rousseva, 2007). Yam et al. (2004), amplían el concepto de capacidades a capacidades de innovación tecnológica, definiéndolas como el conjunto de características que posibilitan la estrategia de innovación de una organización. Por tanto, las capacidades de innovación tecnológica pueden resumirse como el uso eficaz del conocimiento tecnológico como medio generador de ventaja competitiva (Kim, 2006).

Napal (2001) concluye en su investigación que la adquisición de capacidades de innovación permiten la generación de nuevos conocimientos tecnológicos, por tanto, éstas se convierten en una herramienta que además de mejorar las condiciones de la actividad industrial, potencializa el crecimiento económico a largo plazo.

Para que una empresa haga uso eficiente de las capacidades de innovación tecnológicas, permitiendo la producción de innovaciones (radicales o incrementales), es indispensable

el re-direccionamiento de la gestión estratégica y operativa de la organización (Aguilar et al., 2012; Robledo et al., 2010). Lo anterior, evidencia la correlación positiva entre las capacidades de innovación y el nivel de desempeño innovador de las empresas.

Los efectos de realimentación presentes en las capacidades de innovación, les asignan características de sistemas dinámicos y complejos, por lo que permiten que para su comprensión y entendimiento, se utilicen herramientas que faciliten el conocimiento de sistemas complejos y cambiantes en el tiempo.

Algunos estudios presentan cómo la acumulación de capacidades de innovación, se explican como un ciclo que refuerza de manera directa las ventas, y que por la acción de procesos de aprendizaje, conducen al mejoramiento de las capacidades mismas (Aguilar et al., 2012). Otros trabajos relacionan el desempeño empresarial con la innovación, concluyendo que bajos niveles de acumulación de capacidades, conducen a escenarios de baja competitividad y bajo crecimiento de la Industria del Software en Colombia (Lopera, Robledo, & Villalba, 2012).

En estos mismos estudios, se concluye que para las empresas, la acumulación de capacidades de innovación tiene como objetivo sustentar la innovación permanente de productos, servicios, métodos de trabajo, procesos productivos, actividades de mercadeo y comercialización, y decisiones estratégicas, que permitan el crecimiento de las firmas y obtener la anhelada ventaja competitiva. De igual forma, las capacidades de innovación abren por sí mismas, las posibilidades de ingreso al mercado exportador porque permiten el desarrollo y fabricación de productos y servicios de alta calidad, acompañados de una efectiva estrategia de distribución y comercialización.

Las decisiones estratégicas de inversión en talento humano, se complementan con la acción de otras capacidades que permitan el aprovechamiento de este recurso, como la capacidad de I+D y mercadeo.

Otras estrategias que complementan el efecto positivo de las capacidades de innovación sobre las ventas son: estrategias de precios, tiempo de lanzamiento de generaciones de productos, efectos de red, entre otros.

Capaldo (2003) en su estudio, evalúa la capacidad de innovación en 3 empresas pequeñas de software italianas, relacionando el tipo de empresa y la cantidad de

recursos. En esta investigación se observa que se pueden separar la capacidad de innovación tecnológica y la de mercadeo, facilitando el análisis de los recursos y el establecimiento de éstos con las capacidades de innovación de las firmas.

Otros estudios relacionados con la evaluación de las capacidades de innovación tecnológica en las empresas, demuestran el impacto de la innovación en el rendimiento de las empresas, encontrando efectos colaterales positivos en todos los niveles jerárquicos de la organización (Crepon, Duguet, & Mairessec, 1998). Esta conclusión se complementa con la de otro estudio que enfatiza en que las capacidades de innovación tecnológicas se convierten en variables claves para la sobrevivencia de las empresas en industrias de alto nivel de conocimiento, como la Industria del Software (Arora & Gambardella, 2004; Ashish Arora et al., 2005; Athreye, 2005; Breznitz, 2007; Giarratana, 2004; Sands, 2005; Tschang, 2003).

Algunos estudios que analizan las capacidades en las empresas, advierten que su medición es compleja, pero que tiene el potencial para demostrar de forma cuantitativa los efectos de la inversión en la misma (Aguirre, Robledo, & Pérez, 2009; Aguirre, 2010; Nelson & Winter, 1982; Teece et al., 1997).

Pese a estas condiciones, se han desarrollado investigaciones que permitan encontrar métodos de evaluación para estas capacidades en empresas desarrolladoras de software, como es el caso de encuestas y manuales de innovación (Gómez, 2011), y aplicativos que integran otras ramas del conocimiento como la programación *Fuzzy Logic* para encontrar el nivel de estas capacidades en las empresas (Aguirre, 2010). Pero no se ha abordado la combinación de estos factores en un estudio que integre la evaluación de la inversión y acumulación de éstas capacidades sobre las ventas, y por ende, en el crecimiento, expansión y fortalecimiento de la Industria del Software.

## **4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICAS**

Existen varias definiciones para clasificar las capacidades de innovación tecnológicas, cuya variación depende del enfoque de los autores (Grant, 1991; Guan et al., 2006; Guan

& Ma, 2003; Pérez & Robledo, 2012; Robledo, Gómez, & Restrepo, 2009; Wang, Lu, & Chen, 2008; Yam et al., 2004). Costa & Robles (2002) realizan una clasificación que difiere de las demás porque se enfoca en la diferenciación de los niveles decisivos de las organizaciones, como por ejemplo, dimensión de metas y dimensión funcionales.

Independientemente de la caracterización que utilicen los autores para clasificar estas capacidades, el enfoque se unifica en el objetivo de que éstas conformen el puente desde la optimización de los recursos de la organización, hacia el desarrollo de la innovación de procesos, productos y estrategias corporativas de alto nivel.

Siguiendo la clasificación hecha por Robledo et al., (2009, 2010), con base en las definiciones de Guan & Ma (2003), Yam et al., (2004), Guan et al., (2006), Wang et al., (2008), las capacidades de innovación tecnológicas se clasifican en:

**Capacidad de Aprendizaje:** Hace referencia a la habilidad de una empresa para identificar, asimilar y explotar el conocimiento del entorno.

**Capacidad de I+D:** Es la habilidad de una empresa para integrar la estrategia de I+D, implementación de proyectos, gestión de portafolio de proyectos y la experiencia en I+D.

**Capacidad de Gestión de Recursos:** Es la capacidad de una empresa para adquirir y asignar de manera racional y apropiada el capital, la experiencia y la tecnología en procesos de innovación.

**Capacidad de Producción:** Se refiere a las habilidades de la empresa para transformar los resultados de la I+D en productos que cumplan con las necesidades del mercado.

**Capacidades de Mercadeo:** Capacidades para publicitar y vender los productos sobre la base del entendimiento de las necesidades de los consumidores, el ambiente competitivo, los costos, beneficios y la difusión y aceptación de la innovación.

**Capacidad de Planificación Estratégica:** Hace referencia a la capacidad de una empresa de identificar factores que aporten insumos a la formación de análisis DOFA, formular planes de acción direccionados al cumplimiento de la misión y visión, y ajustarlo al plan de negocios.

**Capacidad de Aprendizaje Organizacional:** Habilidad de la empresa para asegurar el mecanismo y la armonía organizacional, cultivando la cultura organizacional y adoptando buenas prácticas de gestión.

A continuación, el Cuadro 2 presenta una nueva propuesta de asociar las capacidades de innovación tecnológicas, planteada por Robledo y Pérez (2011).

<b>Direccionamiento Estratégico</b>	<b>I+D</b>	<b>Producción</b>	<b>Mercadeo</b>	<b>Gestión de Recursos</b>
Capacidad de formular e implementar estrategias de innovación exitosas	Capacidad de introducir y desarrollar conocimiento para generar innovaciones	Capacidad de adaptar y transformar los sistemas productivos de la organización según las exigencias de innovación	Capacidad de introducir exitosamente las innovaciones al mercado	Capacidad de identificar, acceder y cultivar los recursos de la organización para la innovación

**Cuadro 2. Clasificación de las Capacidades de Innovación Tecnológicas (Robledo & Pérez, 2011)**

## **5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar estrategias de crecimiento en la Industria del Software en Colombia, mediante el modelamiento y simulación de capacidades de innovación tecnológicas con dinámica de sistemas.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la problemática actual de la Industria del Software en Colombia y su desarrollo en ambientes de alta competencia internacional.
- Formular una hipótesis dinámica de crecimiento de la Industria del Software en Colombia con base en las aplicaciones de dinámica de sistemas.
- Desarrollar un modelo formal de simulación que explique el comportamiento de la Industria del Software, integrando variables, ecuaciones, validación y análisis de sensibilidad al modelo.
- Integrar al modelo escenarios de simulación que permita el análisis del sistema ante diferentes condiciones iniciales y extremas.
- Evaluar el comportamiento de la industria con las estrategias de innovación como políticas de crecimiento.

## 6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA<sup>3</sup>

La Industria del Software es considerada una industria de conocimiento, perteneciente a un sector industrial que ha presentado crecimiento acelerado en los últimos años, convirtiéndose en un sector estratégico que requiere de altos niveles de innovación y continua explotación para responder eficientemente a las necesidades del mercado (Benamati & Lederer, 2008; MERCOSUR, 2012; Nambisan, 2002; Pérez & González, 2009). Estos requisitos limitan el crecimiento de las empresas de software (Heshusius, 2009; ICEX, 2012; Pérez & González, 2009), al no contar con las capacidades necesarias para afrontar los retos de crecimiento y continuo cambio de esta industria (Aguilar et al., 2012; Aguirre et al., 2009; Capaldo et al., 2003; FEDESOFTE, 2006; Robledo et al., 2010).

Las estrategias basadas en la innovación y el conocimiento se convierten en una solución para atacar estos límites y propiciar el crecimiento industrial (Aguilar et al., 2012, 2012; Capaldo et al., 2003; Drucker, 1986; Lopera et al., 2012; Martínez & Arango, 2012; McKinsey, 2008; Robledo et al., 2010; Romijn & Albaladejo, 2002; Teece et al., 1997), siendo calificadas como variables clave de éxito en el mercado mundial (Dyba, 2005).

Para Colombia, esta industria tiene gran importancia en el desarrollo económico debido a que es percibida como un sector estratégico de clase mundial que fomenta la competitividad de los sectores industriales y posibilita el crecimiento económico (FEDESOFTE, 2012; McKinsey, 2008; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2008; Ministerio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones, 2009). De acuerdo con el Programa de Transformación Productiva, se pretende ubicar al país en un lapso de tiempo de 25 años, en uno de ingresos medio-alto con amplias capacidades de exportación. Además, se plantea el crecimiento de la Industria del Software a valores entre el 17% y 19% anual, como meta inicial al 2013.

---

<sup>3</sup> Algunas consideraciones de este capítulo es tomado de un trabajo previo realizado por los autores de esta investigación, en: Martínez, S, Arango, S., & Robledo, J. (2012). Análisis Sistemático de la Industria del Software en Colombia: Identificando el Problema del Crecimiento. *Cuadernos de Administración - Artículo en Revisión*.

De acuerdo a los indicadores de ventas, al año 2011, FEDESOFTE proyecta que de acuerdo al comportamiento normal de la industria, ésta presenta un crecimiento promedio de 8% anual (PROEXPORT, 2010b, 2012), por lo que se deduce que si la Industria del Software en Colombia, continúa con el crecimiento presentado hasta el momento, esta meta no podrá cumplirse. Por esta razón, el desarrollo de esta investigación, se centra en evaluar el efecto de la inversión en capacidades de innovación sobre las ventas y el crecimiento de la industria, como posible solución a este problema.

Con base en algunas investigaciones relacionadas con la Industria del Software en Colombia (Aguirre, 2010; Castañeda, 2009; Castellanos et al., 2007; FEDESOFTE, 2008, 2009, 2012; Gómez, 2011; Heshusius, 2009; López & Ramos, 2007; Merchán & Urrea, 2007; Palomino, 2011; Pérez & González, 2009; PROEXPORT, 2009, 2010a; Robledo et al., 2010) y observando el comportamiento del crecimiento de la industria, se concluye que pese a los esfuerzos realizados, no se ha evidenciado un mejoramiento notorio de crecimiento industrial, ni de inversión en capacidades de innovación. Lo anterior sustenta la motivación para la implementación de metodologías de modelamiento, en donde los actores de la industria centren su interés en las respuestas a estos interrogantes: ¿qué ha pasado con la Industria del Software en el país?, ¿por qué no ha presentado un crecimiento satisfactorio?, ¿será que los esfuerzos realizados han sido en vano?, ¿por qué nuestras empresas no han tenido éxito, si cuentan con recursos que pueden ser competitivos?, ¿por qué muchas empresas que han tenido éxito inicial, han salido del mercado?, ¿será que no conocemos la Industria del Software y sus dinámicas de crecimiento?. La existencia de respuestas vacías a estas preguntas, abre campos de investigación y motivan la exploración en esta área del conocimiento, con el uso de herramientas eficaces como la dinámica de sistemas y el pensamiento sistémico.

Las condiciones de complejidad de la Industria del Software en Colombia, se enfocan en consideraciones de ser una industria pequeña, atomizada (Robledo et al., 2010) y desarticulada (Heshusius, 2009). Estas características hacen que el proceso de identificación y planteamiento del problema al crecimiento de la Industria del Software, se convierta en un proceso complejo. La complejidad está asociada a la dificultad operativa del sistema, sumada al desorden y desarticulación de las variables y actores involucrados (Vennix & Forrester, 1999). Este tipo de problemas es considerado "Messy" (Daellenbach, 2001; Vennix & Forrester, 1999).

Para abordar la complejidad del sistema y facilitar el planteamiento del problema, se adoptó la implementación de metodologías eficientes de identificación y formulación de problemas en el campo de la investigación operativa. Estas metodologías son denominadas “suaves”, debido a que no involucran alto rigor matemático (Andersen et al., 1997; Arquero & Valqui, 2006; Daellenbach, 2001; Richardson & Andersen, 1992) y permiten la participación del cliente (conocedor del sistema) en la identificación del problema (Arquero & Valqui, 2006; Vennix & Forrester, 1999). Como complemento a los resultados de esta aplicación se realizaron encuestas de toma de decisiones, en las que se planteó como hipótesis las deficiencias de direccionamiento estratégico de las empresas colombianas de software.

## **6.1 TALLERES DE MODELAMIENTO EN GRUPO**

El sistema de la Industria del Software en Colombia cumple con las características asociadas a un problema Messy, debido a la informalidad en el desarrollo operativo del sector y a las deficiencias relacionadas con el direccionamiento estratégico de las empresas. Para articular y plantear el problema, se realizaron talleres y entrevistas semi-estructuradas, en las cuales, los participantes contaban con alto grado de conocimiento del sistema, permitiendo la identificación de las debilidades del mismo.

Bajo la metodología de talleres de modelamiento en grupo, cada persona expresa sus ideas y representa el contenido de su modelo mental del sistema en estudio (Rouvette, Korzilius, Vennix, & Jacobs, 2011). Estas consideraciones son recolectadas, analizadas e interpretadas por modeladores, permitiendo la identificación y planteamiento del problema (Richardson & Andersen, 1992; Vennix & Forrester, 1999). Adicionalmente, cada una de las sesiones de la formulación del problema tiene añadida la realimentación interna, lo cual amplía el conocimiento del sistema y unifica los modelos mentales de los participantes (Arquero & Valqui, 2006).

No todas las características de los talleres de modelamiento son positivas, también existen desventajas en su aplicación. La principal deficiencia se presenta en la interacción entre los grupos de trabajo, lo que ocasiona la no convergencia en aspectos principales de los modelos mentales. Para superar esta deficiencia se recomienda utilizar métodos de

compilación de ideas, como el método Delphi, *Brainstorming*, Técnicas de Grupo Nominal (NGT, por su sigla en inglés) (Vennix & Forrester, 1999), *Strategic Choice Approach* (SCA, por su sigla en inglés), *Cognitive Mapping* y *Multi-methodology* (Arquero & Valqui, 2006). La deficiencia en la comunicación y el enfrentamiento de ideas y conceptos deben ser mediados por un facilitador que tenga la capacidad de equilibrar intereses particulares.

La principal ventaja de los talleres de modelamiento en grupo es la facilidad en su aplicación y que no requieren de conocimientos previos en el área de dinámica de sistemas, por parte de los participantes. La noción sistémica se considera una capacidad inherente a los seres humanos, que en ocasiones se encuentra limitada por sesgos en el conocimiento, al primar intereses particulares (Senge, 1997).

Para la correcta aplicación de los talleres de modelamiento en grupo, es necesaria la presencia de roles dentro del proceso de identificación y formulación del problema (Andersen et al., 1997; Richardson & Andersen, 1992), entre ellos:

- El facilitador: Centra su atención en el proceso de avance del grupo.
- El modelador (*reflector*): Identifica ciclos realimentativos de información.
- El entrenador (*coach*): Identifica dinámicas particulares en la formación de subgrupos.
- El recordador: Toma nota de supuestos y acuerdos.
- El guardián (*gatekeeper*) de la información: Concentra las decisiones del grupo de clientes. Guarda información importante del proceso.

Cada rol se identifica por la función dentro del proceso, pero también hay características comunes que permite que una persona pueda desempeñarse en varios roles (Richardson & Andersen, 1992), brindando soporte al equipo de trabajo en el modelamiento y formulación del problema.

Estos talleres de modelamiento en grupo, se desarrollaron en el marco de reuniones del proyecto de investigación Innsoftware II, cuyo propósito es el modelamiento y la simulación de estrategias de innovación para el crecimiento de la Industria Colombiana de

Software y su ingreso al mercado exportador. El proyecto cuenta con 12 investigadores<sup>4</sup> y adicionalmente, se invitó a expertos y empresarios<sup>5</sup> a participar en el desarrollo de estos talleres. La integración de los expertos y empresarios permitió el paso de las nociones teóricas a conocimientos prácticos.

Los roles identificados en esta actividad fueron:

- Santiago Arango (Director de Tesis): Facilitador, modelador y entrenador (*coach*).
- Sindy Martínez (Autor): Modelador, recordador y guardián de la información.

En la primera sesión (octubre de 2010), se formalizó la realización del taller de modelamiento al grupo de investigación, obteniendo realimentación de los avances investigativos de cada frente de trabajo. Adicionalmente, se explicó el objetivo de cada una de las preguntas del taller, las cuales eran direccionadas a la articulación del problema e identificación de debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades de competencia en un mercado internacional.

En la segunda sesión (noviembre de 2010), se integró la participación de expertos, empresarios y miembros de la comunidad académica en la realización de entrevistas semi-estructuradas. A través de sus experiencias y comentarios, se evidencia la realidad de las empresas colombianas en un ambiente altamente competitivo con barreras restrictivas al mercado exportador; además, esta sesión permitió validar los resultados obtenidos en la sesión anterior.

La tercera sesión (marzo de 2011), tuvo como finalidad la socialización de resultados ante el grupo de investigación y la validación de los mismos. Los beneficios asociados al

---

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Colombia: Jorge Robledo, Santiago Arango, José Javier Aguilar, Iván Hernández, Hans Sebastián Osorio, María Luisa Villalba, Diana Catalina Lopera, Wilser Lowis Gil, Sindy Johana Martínez. Universidad de Antioquia: Ana Lucía Pérez, Liliam Suaza, Juan Felipe Maillane.

<sup>5</sup> Luis Fernando Londoño. Ingeniero de Sistemas. Especialista en Gerencia para Ingenieros. Empresario por más de 15 años en el sector de software y TIC. Cofundador de la empresa Avansoft.  
Fernando Arango. Ph.D en Informática (España). Profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Escuela de Sistemas.  
Luis Albeiro Muñoz. Ingeniero Industrial. Propietario y Gerente de S-SQUARE.

desarrollo de esta sesión, se resumen en la realimentación interna del grupo, así como en la definición de parámetros que direccionan las investigaciones relacionadas con la solución al problema del crecimiento de la Industria del Software.

## 6.2 RESULTADOS

Como resultado principal del taller, se destaca la identificación de debilidades que presenta la Industria del Software nacional a nivel de firma y a nivel país. También se plantean las fortalezas y oportunidades de la industria como sector estratégico de clase mundial. Estos resultados se encuentran resumidos en la matriz DOFA, la cual contiene las relaciones de las principales variables involucradas en el sistema, identifica las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Los resultados del análisis interno se muestran en el Cuadro 3, y en el Cuadro 4 se presentan los resultados del análisis externo.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p><b>F1.</b> Exceso de mano de obra  <b>F2.</b> Salarios competitivos  <b>F3.</b> Zona horaria → Se trabaja más horas  <b>F4.</b> Idioma español  <b>F5.</b> Buenas universidades  <b>F6.</b> Diversidad de la oferta nacional  <b>F7.</b> Capacidad de aprender y generar ideas innovadoras.  <b>F8.</b> Experiencia del recurso humano tanto académica como empírica</p>	<p><b>D1.</b> Poca especialización del recurso humano  <b>D2.</b> Barreras de idiomas, especialmente inglés  <b>D3.</b> Bajos niveles de certificación a nivel de empresarial y personal  <b>D4.</b> Productos de baja calidad  <b>D5.</b> Bajos niveles de innovación  <b>D6.</b> Falta de organización empresarial  <b>D7.</b> Pocas inversiones en capacidades de innovación  <b>D8.</b> Bajo nivel de desarrollo de I&amp;D empresarial  <b>D9.</b> Dispersión de las estrategias hacia múltiples líneas de investigación  <b>D10.</b> Bajo nivel de interdisciplinariedad en la formación de los directivos de las empresas de software.  <b>D11.</b> Debilidad gremial del sector software  <b>D12.</b> Limitaciones en la observación del mercado  <b>D13.</b> Poca disponibilidad de la información</p>

**Cuadro 3. Análisis Externo de la Industria del Software en Colombia**

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>O1. Amplias posibilidades de mercado de habla hispana</p> <p>O2. Experiencias de países que han tenido éxito</p> <p>O3. Mercado en crecimiento y altamente dinámico</p> <p>O4. Incremento de demanda</p> <p>O5. Posibilidad de ingreso a otros mercados</p> <p>O6. Creación de nuevas empresas y productos</p> <p>O8. Creación de alianzas nacionales (Clúster) e internacionales</p> <p>O10. Interés en la IS como sector de clase mundial</p> <p>O11. Interés de inversionistas extranjeros en la IS</p> <p>O12. Apoyo a los nuevos emprendimientos de base tecnológica</p> <p>O13. Fuentes de conocimiento a los cuales se puede acceder</p> <p>O14. Ideas y estrategias exitosas del entorno</p> <p>O15. Anticiparse a los efectos de la incertidumbre tecnológica y el mercado</p> <p>O16. No requiere altas inversiones en activos fijos.</p> <p>O17. Alta virtualidad en los equipos de trabajo.</p>	<p>A1. Capacidad competitiva de las empresas extranjeras.</p> <p>A2. Establecimiento de multinacionales en modalidad de competencia</p> <p>A3. Diáspora</p> <p>A4. Regulaciones de exportación del software</p> <p>A5. Fuertes efectos de red de usuarios</p> <p>A6. Escasez de capital de riesgo</p> <p>A7. Conocimiento restringido</p> <p>A8. Dinámica de la competencia</p> <p>A9. Poca oferta de recurso humano calificado</p> <p>A10. Costos internacionales competitivos</p>

#### **Cuadro 4. Análisis Externo de la Industria del Software en Colombia**

El análisis DOFA muestra que aunque existen más debilidades que fortalezas, también se cuenta con mayor número de oportunidades del mercado que facilitan la potencialización de las fortalezas, eliminando el efecto de las debilidades.

La lógica operacional para superar las debilidades y convertirlas en fortalezas es a través del incremento de la inversión en capacidades de innovación. Por ejemplo, si la principal deficiencia de la Industria del Software colombiana radica en el recurso humano, se deben incrementar los niveles de inversión en la capacidad de direccionamiento estratégico para que se mejoren las condiciones de capacidad y especialidad del recurso humano en las empresas. Al mejorar las capacidades de este recurso, se mejoran aspectos técnicos de

desarrollo de productos y servicios, relacionados con la calidad, la innovación, la aplicabilidad, etc.

Al invertir en esta capacidad se potencializan fortalezas existentes, como exceso de mano de obra, amplia zona horaria (se trabaja más horas), salarios competitivos, entre otras. Con este conjunto de fortalezas se aprovechan oportunidades del mercado, por ejemplo, la amplia demanda de habla hispana, el crecimiento de la demanda mundial de software, la posibilidad de ingresar a otros países con productos competitivos, entre otras.

Como resultado adicional a la implementación de metodologías de modelamiento, se realizaron encuestas para evaluar la toma de decisiones estratégicas en las empresas. Estas encuestas se realizan a partir de los resultados del análisis DOFA, en el que se evidencia la necesidad de invertir en capacidades que incrementen el nivel en la formación, capacitación y especialización del recurso humano, direccionado tanto a la parte de desarrollo técnico-operacional, como a la parte de desarrollo gerencial-organizacional.

Sumado a esto, en la realización de una entrevista con personal de la comunidad académica (2011), se concluyó que la mayoría de las empresas de software en Colombia, debido a su caracterización de micro y pequeñas empresas -aproximadamente el 92% del total de empresas de software (FEDESOFTEC, 2011; PROEXPORT, 2010b, 2012) - son administradas y gerenciadas por ingenieros de sistemas.

Estas empresas cuentan con buenas bases operativas para el desarrollo de software, pero presentan deficiencias en bases administrativas de direccionamiento estratégico, que impiden explorar inversiones en estrategias de innovación que trasciendan más allá del desarrollo de nuevos productos.

La motivación para realizar estas encuestas es demostrar cómo cambian las decisiones estratégicas de las empresas, de acuerdo a limitaciones contenidas en el campo de formación profesional de sus dirigentes. En este sentido, se desea demostrar cómo cambian las decisiones de inversión en estrategias por parte de los ingenieros administradores, industriales y de sistemas, considerando el enfoque de la administración de empresas.

Esta encuesta se distribuyó a estudiantes de carreras afines con la administración y la Industria del Software: Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Industrial e Ingeniería Administrativa. La muestra seleccionada correspondió a estudiantes de últimos semestres de estas carreras en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Los semestres analizados fueron del octavo al décimo.

La distribución de los estudiantes por carrera fue la siguiente:

- Ingeniería de Sistemas: 50
- Ingeniería Industrial: 30
- Ingeniería Administrativa: 20

Semestres: 45% octavo, 37% noveno, 18% décimo.

Esta actividad se realizó en el segundo semestre de 2010 y primer semestre de 2011, en horario de clases. El cuestionario se organizó de manera que facilitara la comprensión, entendimiento y respuestas por parte de los encuestados. Inicialmente, se plantearon preguntas generales de conocimiento de la industria y toma de decisiones estratégicas, guiadas por diversos intereses y capacidad de dirección de empresas.

Posteriormente, se analiza la calificación de los factores clave de la industria, con una puntuación máxima de 5 y mínima de 1. Luego, se plantea el análisis de decisiones de inversión en una única estrategia efectiva para cumplir con el objetivo central de la empresa. Estas estrategias se encuentran restringidas por variables de presupuesto que hacen del proceso de toma de decisiones, un proceso complejo. Finalmente, se plantean para los ingenieros de sistemas, preguntas direccionadas al conocimiento operacional en el desarrollo de software competitivo.

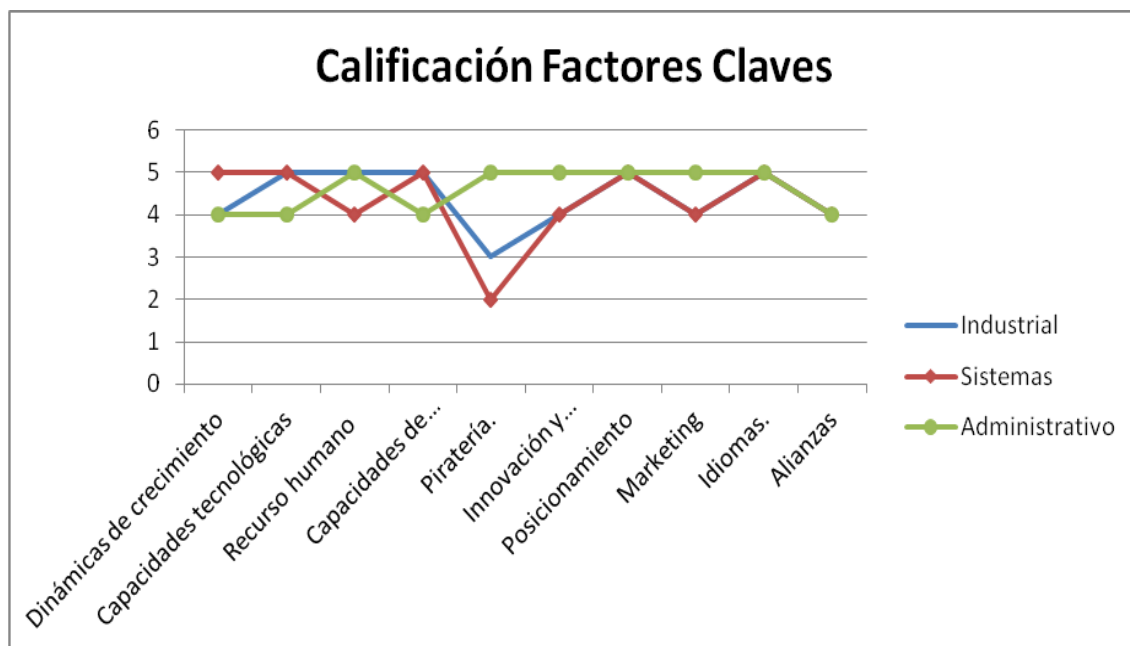
Los resultados de las encuestas muestran que el 57% de los encuestados dicen tener conocimiento de la Industria del Software. Además, el 54% de los encuestados cree contar con capacidades individuales y competitivas para asumir un cargo de gerencia y/o administración en una empresa de software; sin embargo, el 86% infiere que es estrictamente necesario realizar estudios de posgrado antes de aceptarlo.

Adicionalmente, se plantea a los estudiantes la propuesta de que al finalizar sus estudios de pregrado, se le brinde la oportunidad de obtener un préstamo para crear una empresa

de software. Las respuestas apuntan a que el 71% acepta el reto, conociendo las implicaciones y riesgo de esta decisión.

La Figura 9 muestra los resultados de la calificación de factores clave de la industria. En la figura se puede observar que para los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, los factores más importantes son: dinámicas de crecimiento, capacidades tecnológicas, capacidades de innovación, posicionamiento y reconocimiento de marca e idiomas.

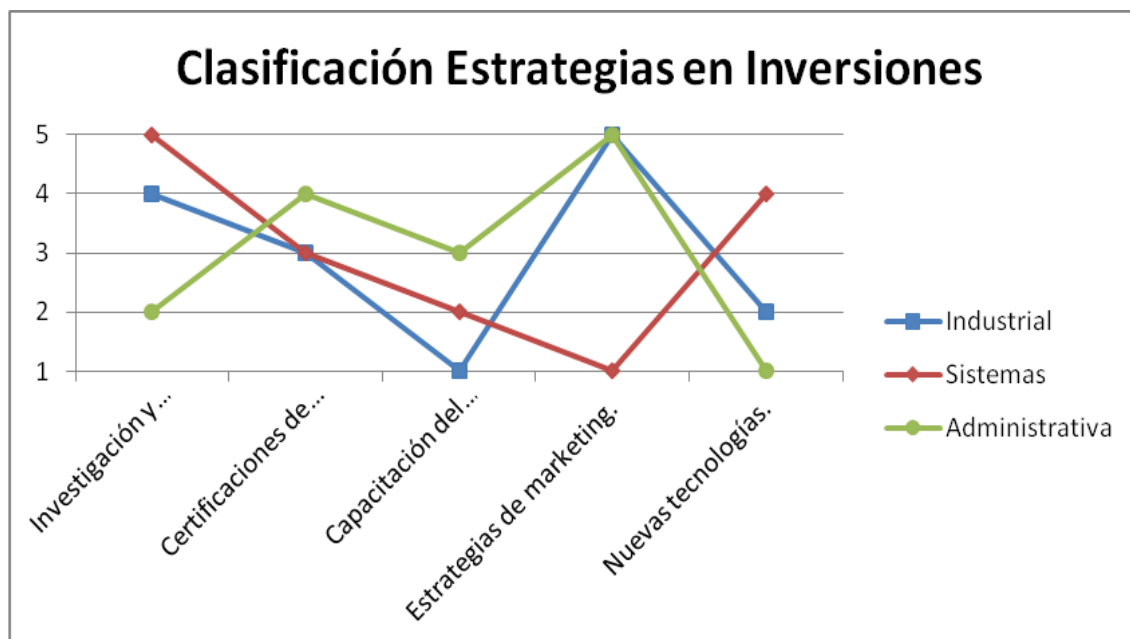
Desde el enfoque de los estudiantes de Ingeniería Industrial, los factores más importantes son: capacidades tecnológicas, recurso humano, capacidades de innovación, posicionamiento y reconocimiento de marca e idiomas. De igual forma, el aspecto de menor importancia para estos estudiantes es la piratería, pero con mayor valor para los estudiantes de Ingeniería de Sistemas. Por su parte, las decisiones de los estudiantes de Ingeniería Administrativa son más distantes que las de las carreras analizadas previamente, resaltando la importancia del recurso humano, piratería, innovación y desarrollo, posicionamiento y reconocimiento de marca, estrategias de marketing e idiomas.



**Figura 9. Calificación de Factores Claves en la Industria del Software**

La Figura 10 muestra la clasificación de las inversiones en estrategias. En este análisis se observa que los estudiantes de Ingeniería Industrial optan por invertir en estrategias de mercadeo, al igual que los de Ingeniería Administrativa; mientras que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, presentan un comportamiento diferente a los anteriores, centrando su inversión principal en investigación y desarrollo.

Como segunda opción, los estudiantes de Ingeniería Industrial seleccionaron investigación y desarrollo, mientras que los de Ingeniería de Sistemas escogen nuevas tecnologías y los de Ingeniería Administrativa, certificaciones de calidad.



**Figura 10. Clasificación de Estrategias en Inversiones en la Industria del Software en Colombia**

Estos resultados evalúan la decisión estratégica que conduce a empresas desarrolladoras de software al estado actual de inmadurez, insipiencia, desarticulación, falta de direccionamiento estratégico y gestión empresarial, mediante la toma de decisiones sin comprender la dinámica de la industria. Esta forma de actuación frena el crecimiento de la

industria y agota el poco capital disponible, al invertir en estrategias que no son útiles y de las que no se ha evaluado su efecto al ser implementadas en el sistema.

Se presentan una amplia similitud en los resultados de los talleres de modelamiento y los resultados de estas encuestas, pues demuestran cómo las empresas se encuentran direccionadas a invertir en estrategias de capacidades de investigación y desarrollo, antes que en estrategias de mercadeo y direccionamiento estratégico.

El problema de investigación de este trabajo se asocia al conocimiento limitado de la dinámica de la industria y a las pocas estrategias desarrolladas para impulsar el crecimiento de la misma. Se sugiere que el conocimiento limitado de la industria y el impacto de la competencia, lleva a las empresas a invertir en acciones y estrategias poco efectivas que frenan el crecimiento industrial y agotan el capital disponible.

Los resultados de estas implementaciones metodológicas permiten evidenciar la falta de direccionamiento estratégico y gestión empresarial en las empresas del sector, como consecuencias asociadas al problema. Estas causalidades se evidencian en la formación de empresas cuyas estrategias de innovación se encuentran limitadas al campo de formación profesional de sus dirigentes, ocasionando debilidades empresariales en temas administrativos y gerenciales.

Para mitigar los efectos de este problema, se requiere de la acción de estrategias que ataquen directamente los límites de la industria y disminuyan su impacto. Para cumplir con estos requisitos, se propone como metodología de solución, el desarrollo de un modelo de simulación con dinámica de sistemas que permita la evaluación de estrategias de innovación, direccionadas a las capacidades de innovación: investigación y desarrollo (I+D), direccionamiento estratégico y mercadeo.

La elección de la dinámica de sistemas como herramienta de simulación se debe a que permite la comprensión y aprendizaje de sistemas complejos. Además, permite explicar el comportamiento del sistema en términos de su estructura y facilita el proceso de evaluación de políticas.

## 6.3 DINÁMICA DE SISTEMAS

Existen herramientas desde el área de la investigación de operaciones que permiten el análisis e intervención en sistemas complejos, a través del desarrollo de modelos de simulación. Estos modelos se convierten en micromundos que permiten realizar inferencias sobre el comportamiento del sistema, dadas unas condiciones específicas, tanto favorables como desfavorables. La simulación se convierte entonces en una herramienta de solución que permite el entendimiento de los sistemas complejos y la construcción de modelos virtuales (Morecroft, 2007; Sterman, 2000).

La dinámica de sistemas (DS) fue desarrollada por Jay Forrester en 1960. La DS es una metodología que permite estudiar la evolución de los sistemas en el tiempo, analizar las relaciones que existen entre las variables y observar cómo los ciclos de realimentación (positivos o negativos) pueden tener efectos considerables en el estado futuro del sistema (Forrester, 1961). A través del análisis del comportamiento del sistema, es posible conocer cómo éstos tienden a comportarse bajo ciertas condiciones específicas, facilitando el proceso de evaluación de políticas y análisis de sensibilidad del sistema, ante alteraciones de las variables y sus relaciones de interacción (Sterman, 2000). Esta metodología está cobrando importancia en la actualidad, debido a su versatilidad en la aplicación a sistemas de diferentes sectores económicos y sociales (Forrester, 1961).

Adicionalmente, la DS ha sido aplicada desde sus inicios al estudio de la estrategia y crecimiento de negocios, con foco en la dinámica de crecimiento de los mercados y la dinámica industrial (Forrester, 1961), como también en trabajos sobre estrategias y crecimiento de organizaciones de diferentes sectores socioeconómicos (Porter, 1991).

Diversos estudios relacionados con la innovación y la estrategia para el crecimiento industrial, proponen la dinámica de sistemas como metodología que permita encontrar una solución a los problemas de investigación planteados. Wu et al. (2010), propone la dinámica de sistemas para estudiar el comportamiento de empresas interconectadas de alta tecnología en China y evaluar las características particulares en la implementación de estrategias cooperativas. Bass (1969), propone un modelo de difusión de productos innovadores, considerando como variables claves, el número de adoptadores y adoptadores potenciales, en términos de saturación de mercados y estudio de los efectos de red. Pérez et al. (2011), estudia la competencia entre dos empresas que difieren en el

tiempo de entrada a la Industria del Software, por lo que una es considerada “pionera” y la otra de “ingreso tardío”; además analiza los efectos de red y las inversiones en capacidades de innovación como factor generador de ventaja competitiva. Palomino (2011), presenta un modelo de simulación con dinámica de sistemas aplicado al ante escenarios de capacidades de innovación y ventajas comparativas en la Industria del Software Colombiana. Villalba (2012), propone un modelo de simulación que explica el efecto de las multinacionales en la Industria del Software, considerando estrategias de cooperación y competencia entre las empresas nacionales y multinacionales.

Los estudios anteriores, en especial los enfocados a la industria del Software en Colombia, sirven como insumo en la conceptualización de algunas relaciones establecidas por las variables de la industria y en la obtención de datos para el modelamiento del estado inicial de la Industria del Software en Colombia, a través del modelo de simulación planteado en esta investigación.

Para desarrollar modelos de simulación con dinámica de sistemas, Sterman (2000) propone el proceso iterativo de modelamiento que se presenta en la Figura 11.

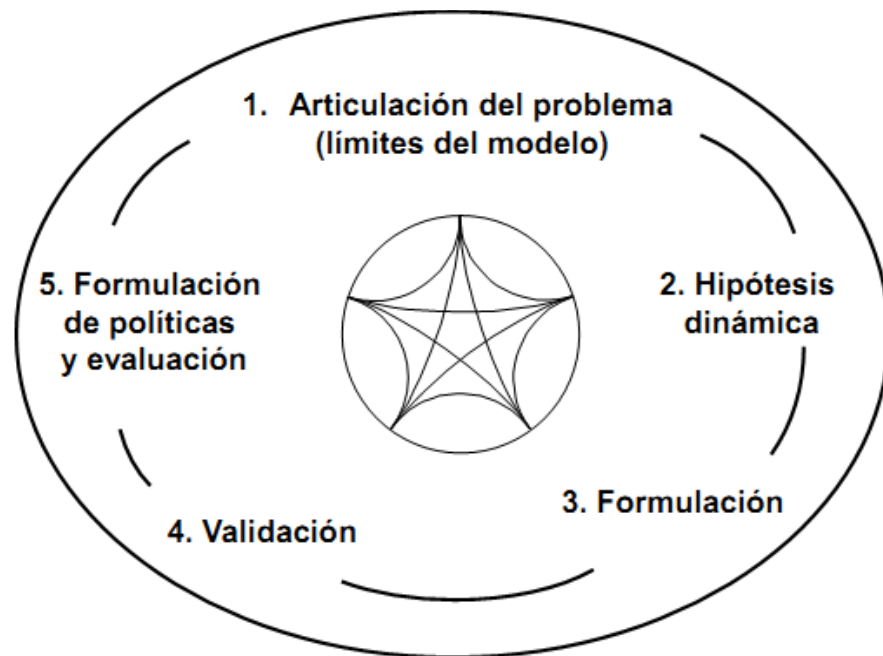


Figura 11. Proceso de Modelado en Dinámica de Sistemas (Sterman, 2000)

**Identificación y articulación del problema:** Esta etapa se considera la más importante dentro de este proceso, debido a que es clave para la identificación de variables, interacciones, límites y limitaciones del modelo.

**Formulación de la hipótesis dinámica:** La formulación de la hipótesis dinámica explica la dinámica del comportamiento como consecuencia endógena de la estructura de realimentación. Esta hipótesis se complementa con el desarrollo de mapas causales de las variables claves como diagrama de bloques, diagramas causales, diagrama de flujos y niveles, etc.

**Formulación del Modelo de Simulación:** Esta etapa consta de la inclusión de las ecuaciones diferenciales dentro del modelo Forrester, con base en las relaciones establecidas en la hipótesis dinámica. La formulación permite obtener las corridas de las simulaciones preliminares.

**Pruebas:** El proceso de validación de los modelos desarrollados con dinámica de sistemas, se basa en una serie de pruebas que permiten conocer que tan bien elaborado está el modelo, en términos de su estructura y comportamiento. Barlas (1996), cita tres técnicas específicas para ello: consistencia dimensional, condiciones extremas y análisis de sensibilidad.

**Diseño de políticas y evaluación:** Para esta etapa se plantea el desarrollo de escenarios que permitan evaluar y pronosticar cómo el sistema puede verse afectado por cambios endógenos y exógenos. Además, se realizan simulaciones controladas que permitan experimentar cambios, diseñar y evaluar políticas.

## 7. MODELO DE SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS<sup>6</sup>

### 7.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

La arquitectura completa de un modelo de Dinámica de Sistemas se presenta a través de un diagrama de bloques (Sterman, 2000), llamado también diagrama de subsistemas. Este tipo de herramientas permite comprender mejor las relaciones de causalidad entre las variables, amplificando el conocimiento del sistema, a través de la identificación de subsistemas, sus interrelaciones y las variables importantes en el modelamiento del sistema en estudio.

El diagrama de bloques para la Industria del Software en Colombia, en el marco de esta investigación, se presenta en la Figura 12. Este diagrama se centra en la relación Oferta y Demanda, factores esenciales para modelar el comportamiento de mercados industriales (Forrester, 1961; Parkin, 2006). Además, se identifican las variables asociadas a cada bloque, junto con las principales relaciones que nacen de la interacción de factores en un mercado competitivo.

La oferta está compuesta por las empresas de software en Colombia, con características particulares que condicionan categorías de empresas, clasificándolas como micro, pequeñas, medianas y grandes. Dentro de las variables asociadas a las empresas se encuentran la cantidad de productos desarrollados y comercializados en un período de tiempo determinado, el recurso humano asociado a estos procesos y el nivel de inversión y acumulación en capacidades de innovación.

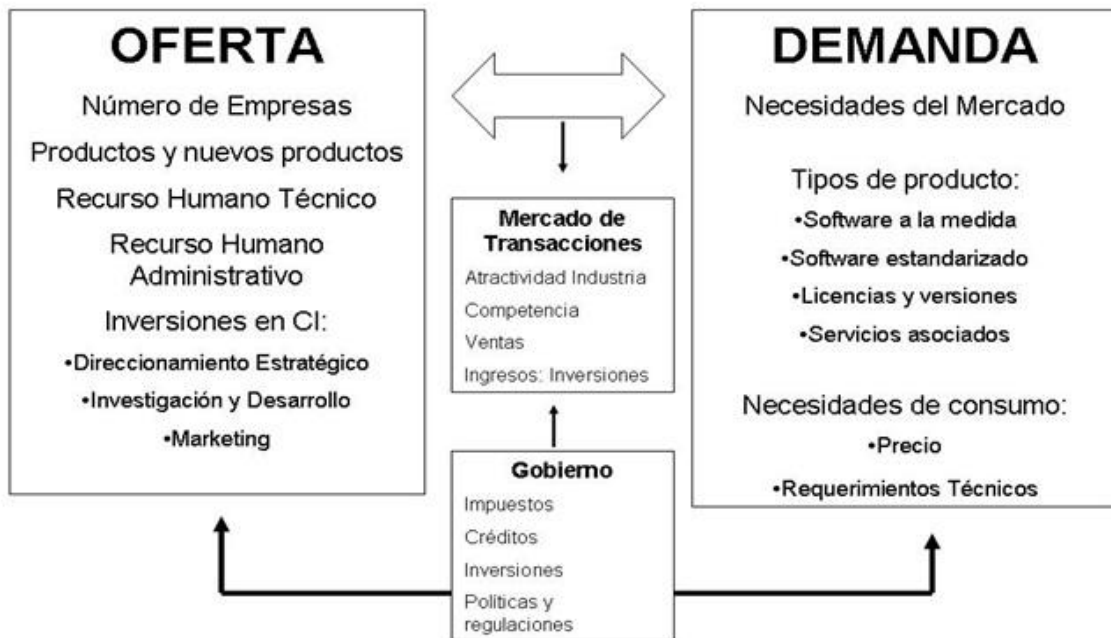
---

<sup>6</sup> Algunas consideraciones de este capítulo es tomado de un trabajo previo realizado por los autores de esta investigación, en: Martínez, S., & Arango, S. (2012). Análisis en la Industria del Software en Colombia: Una Mirada a la Inversión en Capacidades de Innovación. En Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica en la Industria del Software en Colombia (pp. 120-158). Colombia: Todográficas.

Martínez, S, Arango, S. Análisis de la Industria del Software en Colombia: Una Aproximación con Dinámica de Sistemas. Presentado en XIV Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica., Lima, Perú

De acuerdo a la clasificación de estas capacidades, presentadas en el apartado 4.2, se establecen como principales para el desarrollo de este modelo, la capacidad de investigación y desarrollo, mercadeo y direccionamiento estratégico. Las demás capacidades se encuentran implícitas en las anteriores, especialmente en la capacidad de direccionamiento estratégico (Aguilar et al., 2012).

Por el lado del bloque de Demanda, se identifican las necesidades del mercado, el tipo de producto o servicio requerido y las condiciones que afectan las necesidades de consumo, como el precio y la calidad.

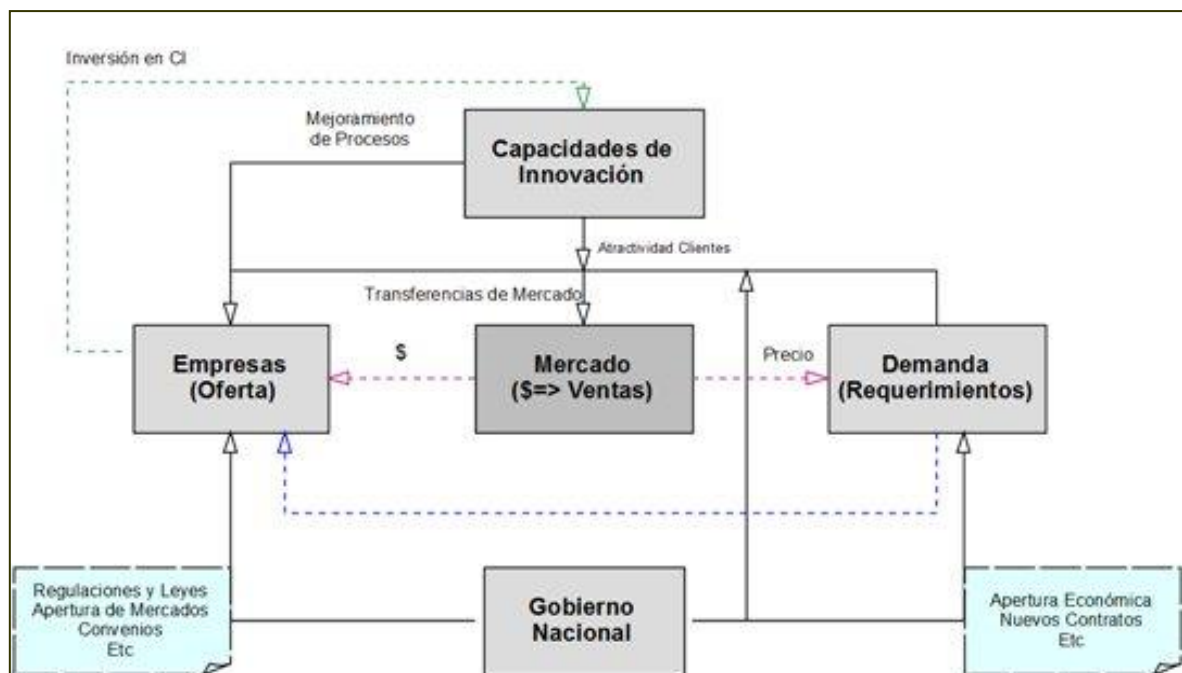


**Figura 12. Diagrama de Bloques - Industria del Software en Colombia**

Como factor exógeno a este modelo, se consideran los efectos de las políticas del gobierno. Estas acciones afectan a los bloques anteriores, cambiando las condiciones de la Oferta y la Demanda. Desde el punto de vista de la oferta, algunas acciones asociadas a este bloque son el desarrollo de regulaciones y leyes que permitan el fortalecimiento de la Industria del Software, aumentando a su vez, la participación en el mercado de estas empresas. En cuanto a las acciones del gobierno que afectan la demanda, se identifican procesos como la apertura económica y los nuevos acuerdos que incentivan a las

empresas colombianas (clientes de empresas desarrolladoras de software a la medida) a consumir más productos y servicios asociados, a través del mejoramiento de sus capacidades. De igual forma, temas como impuestos, créditos e inversiones de capital, influyen en los bloques de oferta y demanda. Los efectos de las acciones del gobierno a los bloques anteriores, afectan directamente las operaciones y transacciones en el mercado industrial.

Para comprender mejor las relaciones internas entre los dos bloques anteriores, se desarrolló el diagrama de cuatro bloques que se presenta en la Figura 13. En este diagrama se consideran como bloques adicionales, las capacidades de innovación (CI) y el gobierno.



**Figura 13. Diagrama de Cuatro Bloques – Industria del Software en Colombia**

Los bloques de Oferta y Demanda cumplen las mismas condiciones que en el diagrama anterior, con la particularidad de ajuste a las condiciones específicas de la Industria del Software en el país. Por ejemplo, la oferta, hace referencia a empresas desarrolladoras y comercializadoras de software que ofrecen sus productos al mercado nacional, centrandose su desarrollo en la producción de software a la medida (FEDESOFTE, 2008, 2012; Pérez &

González, 2009). La demanda, está relacionada con las necesidades y requerimientos de los clientes, consumidores o mercado potencial, en cuanto a los productos de software y servicios asociados (Aguilar et al., 2012; Heshusius, 2009; Merchán & Urrea, 2007; Robledo et al., 2009).

Estas fuerzas se combinan a través de un mercado de transacciones, el cual se ubica en el espacio central porque es un intermediario que facilita las transacciones de intercambio de productos y servicios (Malerba, 2007; Parkin, 2006).

La conexión entre el mercado y la oferta, está dominada por el bloque de las capacidades de innovación. Estas capacidades se enfocan desde la oferta, de manera que al mejoramiento de las condiciones técnicas de los productos y al aumento del margen de participación de la firma en el mercado, se aumente el nivel de atractividad de productos y servicios con alto contenido de innovación (Aguirre, 2010; Castañeda, 2009; Robledo et al., 2010; Teece et al., 1997).

De acuerdo a lo anterior, en el sector de transferencias, negociaciones, compra-venta y demás operaciones que se lleven a cabo en un mercado, la atractividad para los oferentes está compuesta por los beneficios asociados al desarrollo de los productos; mientras que el nivel de injerencia de la demanda, se centra en el análisis de la relación costo-beneficio, a través del precio del producto o servicio (Parkin, 2006).

## **7.2 HIPÓTESIS DINÁMICA**

La hipótesis dinámica es la formulación o explicación de las causas y efectos de los componentes principales del sistema, contenidos en el proceso de modelamiento, previamente descrito. En DS, la formulación de la hipótesis dinámica se hace con los diagramas causales. El diagrama causal explica la estructura del sistema a través de la interacción de variables endógenas y exógenas, facilitando la comprensión del problema y la aproximación al modelamiento del mismo (Forrester, 1961; Dyner et al., 2008;), mediante la formación de los ciclos de realimentación (Sterman, 2000) que explican el comportamiento de la macroestructura del sistema, a partir de las relaciones en la microestructura.

Los diagramas causales representan las relaciones causa-efecto (relaciones de causalidad) por medio de flechas. Cuando estas son positivas (+), significa que un cambio en la variable de origen genera un cambio en la misma dirección en la variable de llegada, considerando que las demás variables del sistema permanezcan constantes; este proceso forma un ciclo de realimentación de refuerzo, representado por (R). La relación es negativa (-) cuando el cambio en la variable de llegada tiene un efecto opuesto a la variable de origen, formando un ciclo de realimentación de balance, representado por (B) (Sterman, 2000).

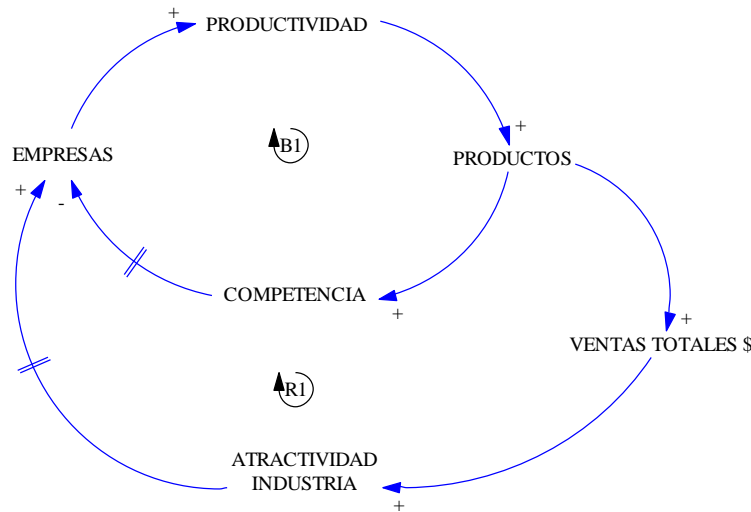
La base para la construcción de este modelo se centra en estudios de crecimiento de mercados industriales (Forrester, 1968; Morecroft, 2007), a través de la implementación de estrategias direccionadas a la innovación y el conocimiento. El modelo combina, además, elementos metodológicos de crecimiento de firmas y economías, a través de modelos de simulación priorizados en ciclos de realimentación positivos, bajo el enfoque de *Path Dependence* (Sterman, 2000).

El Diagrama Causal se encuentra representado a través de la formación de ciclos de realimentación que evolucionan desde la estructura principal de una industria, hasta la inversión en las capacidades de innovación y su efecto en el comportamiento del sistema.

La Figura 14 muestra la estructura principal de una industria. La competencia se representa con el ingreso de las empresas, ocasionando aumento en el nivel de competitividad. Esta acción produce que las empresas que no cuenten con las capacidades para competir, deban salir del mercado, reduciendo el nivel de empresas y permitiendo la formación de oligopolios dentro de la industria (Parkin, 2006). Con la formación de mercado oligopólico, se crean barreras de entrada para las empresas que cuenten con menos capacidades técnicas, administrativas, operacionales y de innovación (FEDESOFTE, 2006, 2012; ICEX, 2012). Al presentarse esta situación, se reduce la productividad de la industria y el número de productos (López & Ramos, 2007; Malerba, 2007; Tigre & Marques, 2009). Lo anterior se evidencia en el ciclo de balance B1.

El ciclo de refuerzo R1, que se presenta en esta misma figura, relaciona la atractividad de la industria como función de las ventas totales. Se tiene entonces, que a mayor número de productos, mayor nivel de ventas, y de acuerdo a los costos internos, el incremento de las ventas, aumenta la atractividad de la industria. Esta variable se asocia directamente

con otros factores de fortalecimiento y surgimiento de empresas, ocasionando aumento en la productividad, con un efecto directo en el nivel de productos en el mercado.

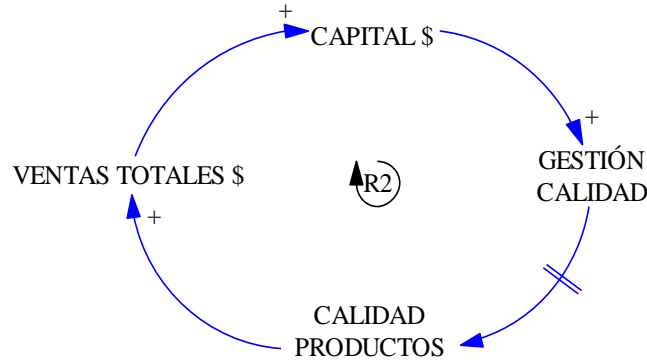


**Figura 14. Ciclo B1 y R1 - Dinámica de la Competencia y Atractividad de la Industria**

Para las industrias de base tecnológicas, los efectos de red constituyen un nivel intermedio en la relación productos-ventas (Pérez & González, 2009). Estos efectos pueden ser directos e indirectos. Para el estudio de la Industria del Software en Colombia, estos efectos se consideran indirectos en cuanto a la compatibilidad con los demás productos de software y hardware del mercado (FEDESOFTE, 2012; Pérez & González, 2009; Robledo et al., 2010); por tanto, en el diagrama causal no se consideran, debido a que esta industria se centra en el desarrollo de software a la medida.

La Figura 15 muestra el ciclo de refuerzo R2, construido a partir de la relación Ventas-Capital-Inversión en Calidad. Las inversiones en programas de gestión de calidad que realizan las empresas, se enfocan principalmente en el mejoramiento de la calidad de los productos para aumentar el nivel de ventas. De manera implícita, al invertir en estos programas, se incrementan las certificaciones de calidad en las empresas. Esta acción tiene como efecto el aumento del capital y, a su vez, el incremento de la probabilidad de

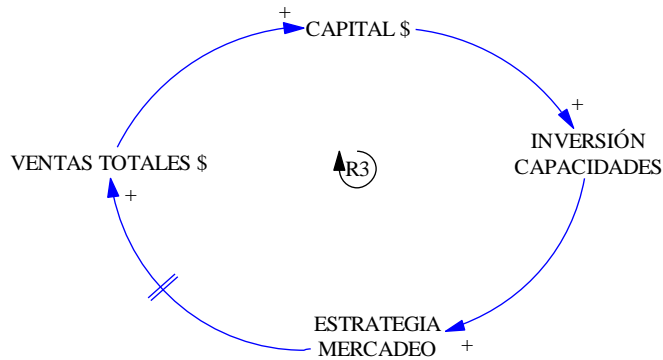
realizar nuevas inversiones. Las inversiones en programas de calidad, mejora de la competitividad de las empresas (Campo, 2008).



**Figura 15. Ciclo R2 - Dinámica de la Inversión en Calidad**

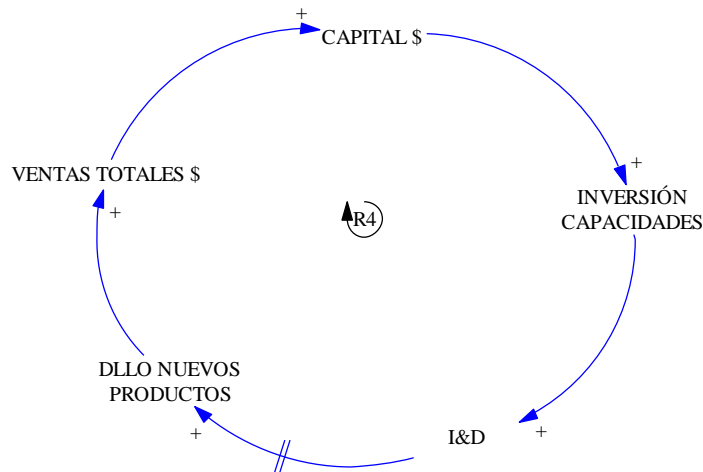
El incremento de las ventas, mejora las condiciones de capital disponible, el cual, se supone que se utilizará para la inversión y reinversión en capacidades de innovación tecnológicas. El alcance de este modelo llega hasta permitir evaluar las inversiones relacionadas con las capacidades de innovación, en aspectos de I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico (Aguilar et al., 2012). La capacidad de recurso humano se encuentra inmersa dentro de cada una de estas capacidades (Aguilar et al., 2012).

La Figura 16 representa la inversión en la capacidad de mercadeo. Las estrategias de mercadeo están enfocadas hacia actividades que aumenten las ventas e incrementen la atractividad de los productos desarrollados en el país en mercados competitivos, a través de la capacitación del personal de ventas y la creación de alianzas corporativas con otras empresas.



**Figura 16. Ciclo R3 - Dinámica de la Inversión en Mercadeo**

La inversión en la capacidad de I+D se relaciona con la aplicación de nuevos recursos tecnológicos y humanos, direccionados a la reducción de costos y al aprendizaje organizacional (Grant, 1991; Robledo et al., 2009, 2010). Además, estas inversiones conllevan al desarrollo de nuevos productos, direccionados a la satisfacción de las necesidades de un nicho de mercado en particular, cumpliendo con las condiciones de desarrollo de software a la medida (Aguirre, 2010; Capaldo et al., 2003; Wang et al., 2008). Estas relaciones se evidencian en la Figura 17.

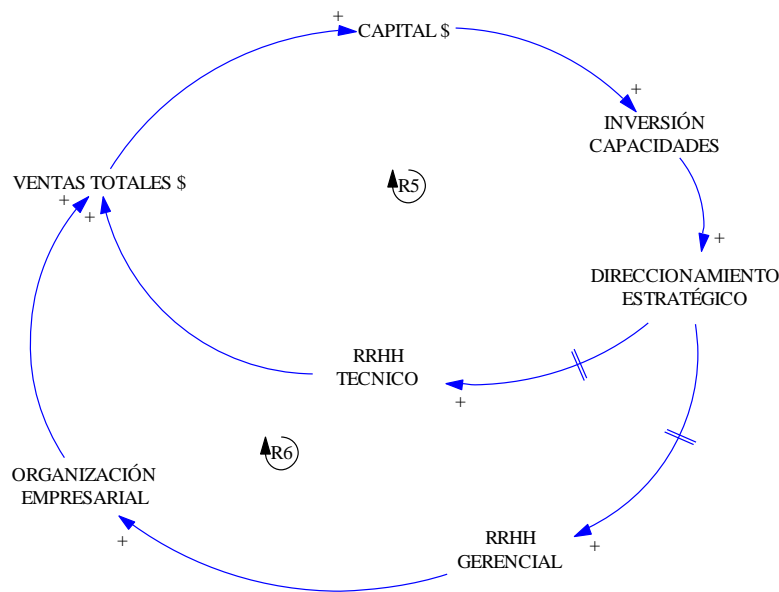


**Figura 17. Ciclo R4 – Dinámica de la Inversión en I+D**

La Figura 18 presenta las relaciones causales que se establecen al invertir en la capacidad de direccionamiento estratégico, considerando el impacto en las ventas y en el mejoramiento de las condiciones empresariales e industriales.

El direccionamiento estratégico es enfocado en dos sentidos, ambos relacionados con la formación y capacitación del recurso humano, como motor de desarrollo y crecimiento de esta industria de conocimiento (Castañeda, 2009; Romijn & Albaladejo, 2002).

Por un lado, el ciclo de refuerzo R5, enfatiza en el mejoramiento de las condiciones actuales del recurso humano técnico, el cual permite desarrollar productos de alta calidad y competitividad mundial. Por otro lado, el ciclo de refuerzo R6, relaciona la formación y capacitación del recurso humano gerencial, que permite el crecimiento de la industria, a través de la implementación de estrategias de innovación que propicien el mejoramiento de la organización empresarial.



**Figura 18. Ciclo R5 y R6 – Dinámica de la Inversión en Direccionamiento Estratégico**

Finalmente, la Figura 19 muestra el diagrama causal completo para la Industria del Software en Colombia, considerando el objetivo de la evaluación de inversión en capacidades de innovación tecnológica (I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico) y


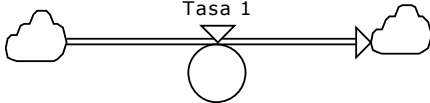




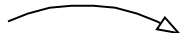
ventas como nivel principal de medición de este comportamiento. El ciclo de balance muestra la competencia interna de las empresas, ocasionando la salida de las menos competitivas, y permite balancear el crecimiento del sistema. Lo anterior indica que el modelo no debe crecer de manera exponencial, debido a este ciclo que lo limita.

### 7.3 DIAGRAMA DE FLUJOS Y NIVELES

El Diagrama de Flujos y Niveles, denominado también Diagrama Forrester, es considerado el más importante dentro de la fase de modelamiento, debido a su proximidad con la simulación (Stermán, 2000). Este diagrama permite establecer relaciones entre variables, definiendo cuáles actúan como flujos (alimentadores) de las variables consideradas niveles (acumuladores) (Dyner et al., 2008; Morecroft, 2007). Las relaciones entre flujos, niveles, parámetros y variables auxiliares, se establecen por medio de conectores (flechas) que permiten de manera automática el establecimiento de las relaciones y su efecto en la realimentación del sistema. Además, el Diagrama Forrester permite la formulación o inserción de ecuaciones diferenciales que definan el grado y magnitud de estas relaciones (Dyner et al., 2008; Forrester, 1961), proporcionando un modelo de simulación basado en un modelo matemático.

A continuación, se presenta el Cuadro 5 que resume los símbolos utilizados en el desarrollo de modelos de simulación con DS.

Nombre	Símbolo	Descripción
Nivel	 Nivel_1	Variable de estado del sistema. Funciona como acumulador y su cambio depende de los flujos de entrada y salida del sistema. No considera unidades de tiempo.
Flujos	 Tasa 1	Se consideran alimentadores de los niveles porque regulan las entradas y salidas. Son los encargados de representar cambios en el sistema. Considera permanentemente unidades de tiempo.

Variables Auxiliares	 Auxiliar_1	Son convertidores de información porque permite la realización de cálculos intermedios entre variables. Forman parte de una red de decisión.
Parámetros	 Constante_1	Valor constante o factor independiente al sistema.
Conectores		Muestra los flujos de información, a través del sentido de las relaciones entre variables y demás elementos del sistema.

**Cuadro 5. Elementos en el Modelamiento con Dinámica de Sistemas. Elaboración Propia a partir de Dyner et al. (2008) y Sterman (2000)**

Estos elementos se convierten en material de insumo para la construcción del Diagrama de Flujos y Niveles, en el marco de desarrollo del modelo de simulación para evaluar la inversión en capacidades de innovación en la industria colombiana de software.

Los supuestos principales que se consideraron en el desarrollo de este modelo son:

- Se plantea como horizonte de tiempo 12 años, que corresponde a la mitad del tiempo estipulado por el Programa de Transformación Productiva, explicado en el numeral 3.2. Por tanto, el período de simulación será 2010-2022.
- Se establece como paso de tiempo de las simulaciones 1 año, haciendo la integración con un paso de tiempo de 0.5 año.
- Para la caracterización de la industria dentro del modelamiento, se utilizan las categorías de empresas, considerando: micro y pequeñas (MYPE), medianas (ME) y grandes (GE).
- Para cada categoría de empresas, se modela la acumulación en capacidades de innovación (I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico) de acuerdo a los niveles iniciales reportados en la literatura para la Industria del Software en Colombia (Aguirre, 2010; Gómez, 2011; Palomino, 2011) y a algunos cálculos y ponderaciones realizadas.
- Los efectos de las capacidades de innovación sobre las ventas, se ponderan de acuerdo al tipo de empresa y su inversión en capacidades específicas.
- Para cada categoría de empresas, se evalúa el nivel de producción con relación al número de empresas, desarrollo de productos, ventas nacionales, exportación, participación en el mercado y nivel de atractividad de la industria para el ingreso

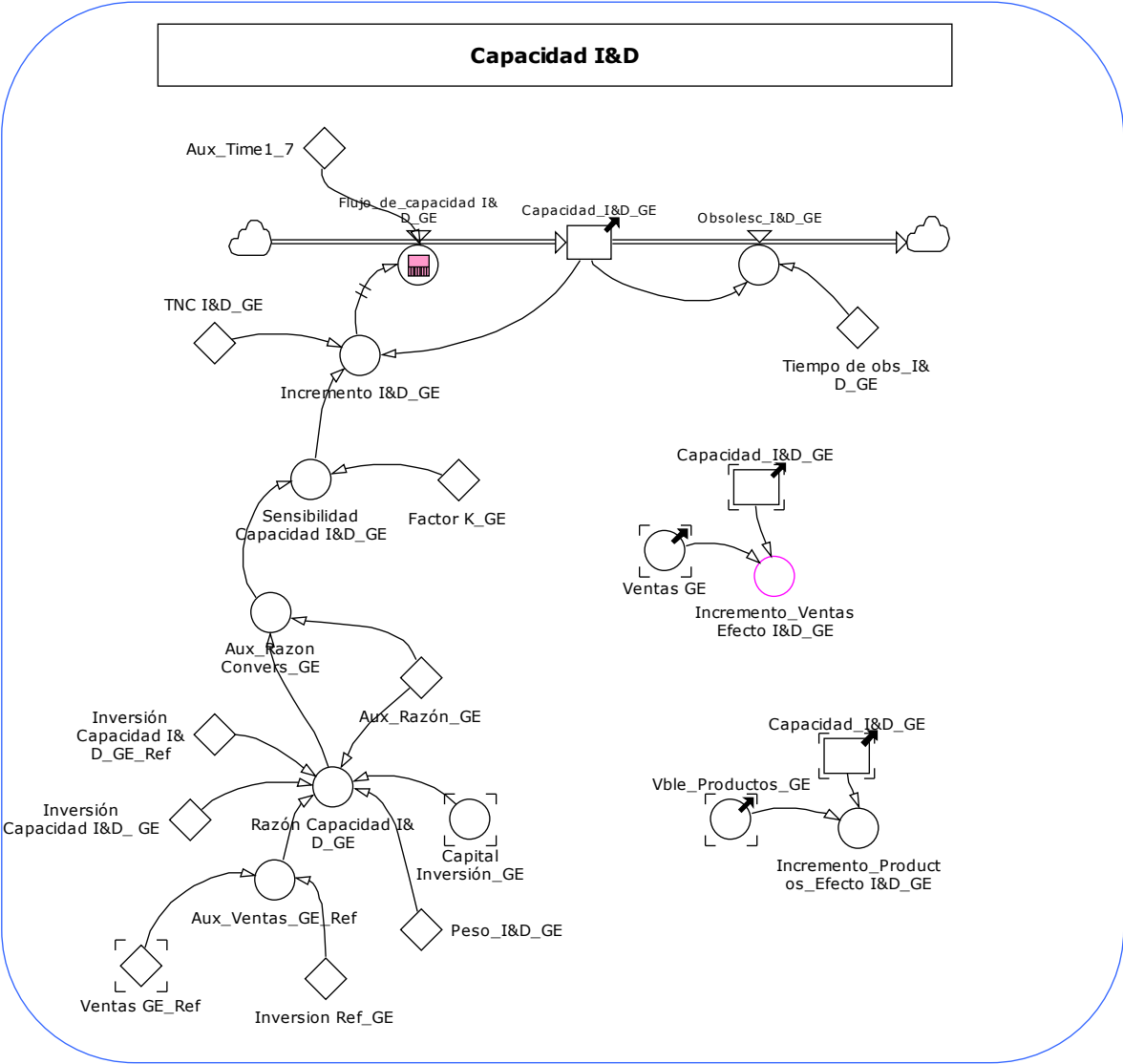
de nuevas empresas. Las condiciones iniciales de estos indicadores fueron tomados de manera numérica y relativa de algunos estudios realizados por Aguirre (2010), Aguilar et al., (2012), ICEX (2012), FEDESOFTE (2006, 2008, 2009, 2011, 2012), Gómez (2011), Palomino (2011), PROEXPORT (2008, 2009, 2010a, 2011, 2012), Robledo et al., (2010) y Villalba (2012).

- Los valores de ventas se expresan en Millones de Dólares (\$US).
- El enfoque inicial contempla la participación de empresas nacionales en el mercado de la Industria del Software en Colombia. Factores de competencia externa y demás factores relacionados, se analizan en Villalba (2012), y otros, considerándose como factores exógenos a este análisis.
- El modelo se desarrolla exclusivamente para productos de software, por tanto, el nivel inicial de empresas, corresponde sólo a las que se dedican al desarrollo de software como actividad principal.
- El software utilizado es Powersim Studio 9 ®, versión académica.

A continuación se presenta el diagrama Forrester o de Flujos y Niveles, realizado para el modelamiento de las capacidades de innovación tecnológicas. Para cada categoría de empresas (MYPE, ME y GE), se modeló la acumulación de las capacidades de innovación relacionadas con la I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico. Las capacidades se diferencian en el modelamiento de los efectos sobre las ventas y variables que se relacionan directamente con éstas. Por tanto, el modelamiento de estas capacidades se realizó de manera genérica considerando la acumulación, el flujo de entrada de acuerdo a la inversión, desarrollo y tiempo de aprendizaje, y el flujo de salida con relación a la obsolescencia y vida útil de la capacidad. El Anexo 1 contiene con mayor detalle, los datos iniciales utilizados en la elaboración de este modelo.

La Figura 20 representa el esquema de modelamiento de la capacidad de I+D para grandes empresas. De manera genérica, la inversión en capacidades de innovación que realice una empresa, parte de la reinversión generada de sus utilidades y de un porcentaje de este valor, destinado a la inversión en una determinada capacidad (Aguirre et al., 2009; Villalba Morales, 2012). Esta inversión se normaliza con la relación definida por inversiones de referencias, basadas en el criterio de expertos, a través de las discusiones sostenidas en las sesiones del taller de modelamiento en grupo.

Adicionalmente, se puede apreciar la variable sensibilidad que relaciona el valor de la capacidad actual con el valor de referencia, a través de un factor de elasticidad  $K$ , que se encarga de sensibilizar el cambio de la capacidad de la inversión real relativa, con relación a la inversión de referencia.

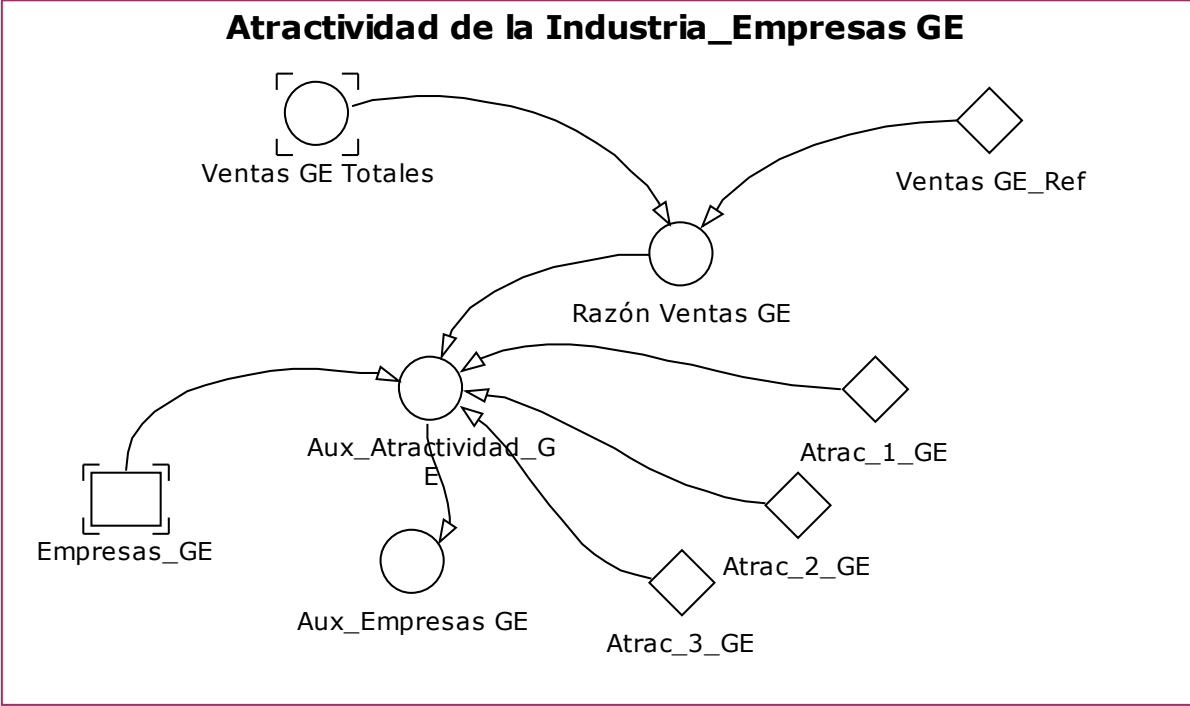


**Figura 20. Modelamiento de Capacidades de Innovación**

Una vez definidos los factores que impulsan el cambio en la capacidad, la atención se centra en la acumulación de la misma, basados en un incremento dependiente de la tasa normal de crecimiento y el nivel inicial de la capacidad, para cada paso de tiempo. De



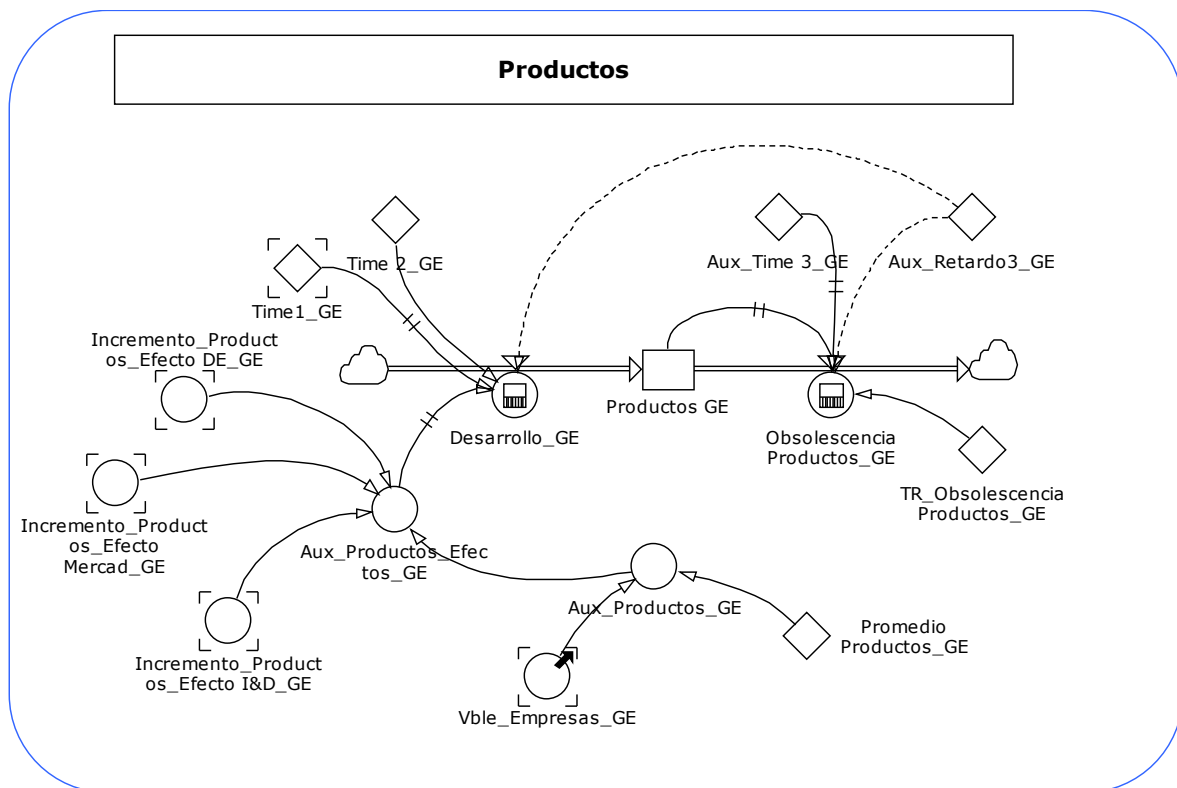
La atractividad de la industria con relación al nivel de ingreso de nuevas empresas, se propone como una medida de desempeño con relación a las ventas totales para cada categoría de empresa. De esta forma, es posible la cuantificación de una variable considerada cualitativa (Sterman, 2000). Como se puede observar en la Figura 22, para el modelamiento de la atractividad de la industria, se parte de las ventas totales obtenidas como resultados de las simulaciones, normalizadas por un valor de ventas de referencia establecido (PROEXPORT, 2012). Con relación a la razón anterior, se establecen condicionales que marcan el nivel de atractividad, de acuerdo a unos posibles porcentajes de ingreso de empresas, que difieren del valor obtenido por la variable auxiliar que mide la atractividad. Estos efectos se suman directamente al nivel de empresas en el período actual.



**Figura 22. Modelamiento Atractividad de la Industria - Ventas y Empresas**

El modelamiento del desarrollo de productos por categoría de empresa, se muestra con la estructura presentada en la Figura 23. En esta figura se puede observar que inicialmente el número de productos en el mercado, depende del número de empresas y del número

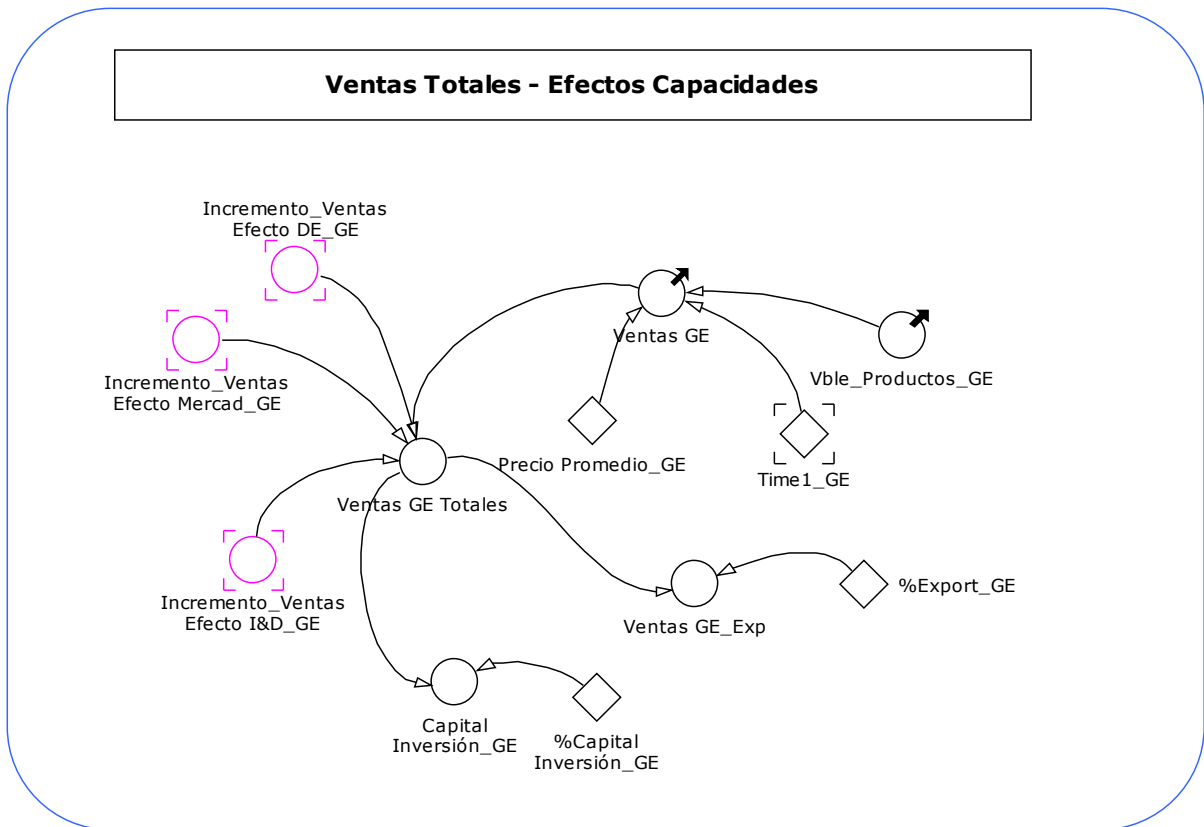
promedio de productos que éstas puedan desarrollar. En este nivel, es posible observar cómo afecta el nivel de capacidades al incremento en el desarrollo de productos. De acuerdo a la capacidad, se definen ponderaciones relacionadas con factores de producción. El nivel de productos se ve afectado por el ingreso que ocasiona la variable desarrollo, considerando un retardo de material de primero orden, ocasionado por el tiempo promedio de desarrollo de productos, según el tipo de empresa. De igual forma, éste nivel se reduce por la obsolescencia del producto en el mercado, afectado también por un retado. Para clasificar los tiempos de producción y obsolescencia de los productos, se hace uso de los niveles iniciales en la capacidad de fabricación (Aguirre, 2010; Palomino, 2011; Villalba, 2012) para cada categoría de empresa.



**Figura 23. Modelamiento del Desarrollo de Productos de Software**

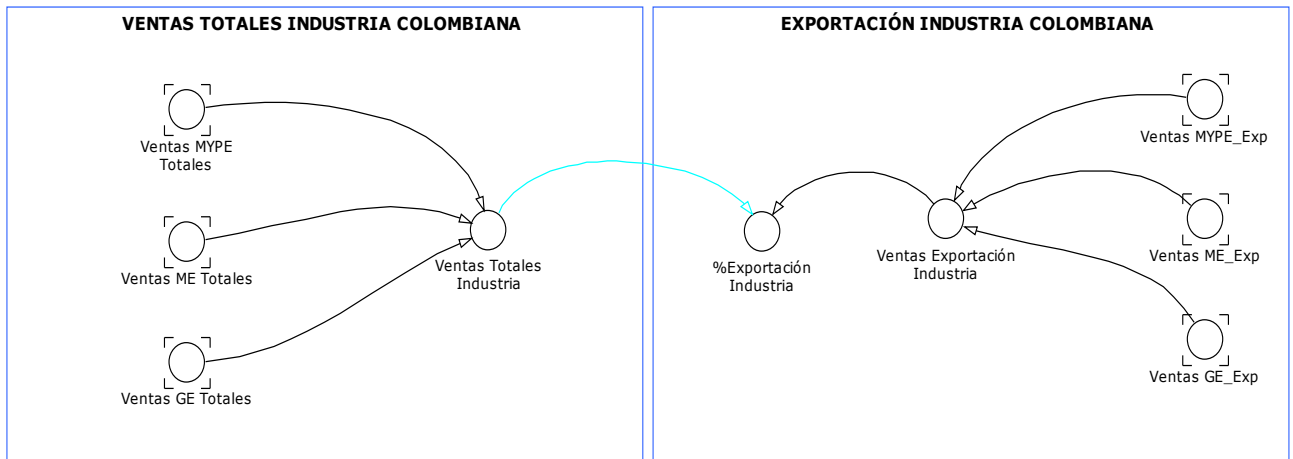
Las ventas totales con los efectos de las capacidades, se muestran en la Figura 24. Las ventas para cada tipo de empresa nacen de la relación del número de productos y un precio promedio estimado, considerando las capacidades de fabricación y mercadeo de estas empresas. El efecto de las capacidades de innovación incrementan las ventas

totales, siendo considerados como ecuaciones que incluyen ponderaciones con relación al tipo de capacidad y a la categoría de empresa (Aguirre et al., 2009; Gómez, 2011). Adicionalmente, se plantean las exportaciones como un porcentaje de las ventas asignado al tipo de empresa.



**Figura 24. Modelamiento Ventas Totales - Efectos Capacidades de Innovación**

De acuerdo al nivel de ventas, se establece un porcentaje de participación en el mercado para cada categoría de empresa, a razón de las ventas totales a nivel industria. Las ventas totales y exportaciones a nivel de la industria, se combina de la suma de las ventas totales para categoría de empresas, como se evidencia en la Figura 25.

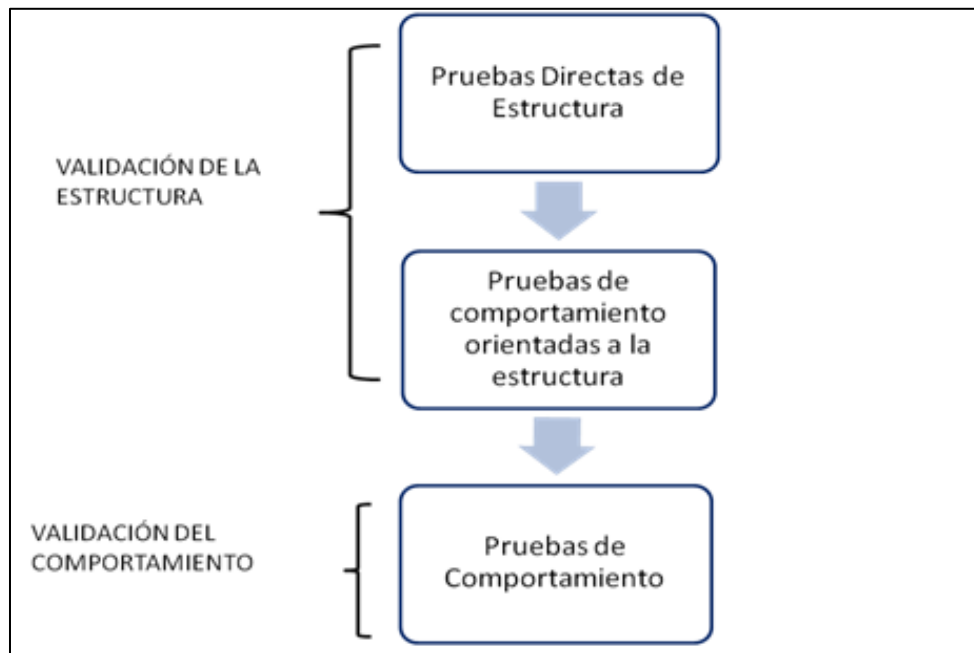


**Figura 25. Ventas y Exportaciones de la Industria**

El diagrama de Flujos y Niveles desarrollado para el modelo de simulación de la Industria del Software en Colombia, contiene cada una de las relaciones expuestas en la hipótesis dinámica, permitiendo conocer la dinámica industrial de la inversión en capacidades de innovación tecnológicas, con relación al efecto sobre el nivel de ventas y crecimiento de la industria en demás indicadores, como el número de empresas, productos y niveles de exportación. Para comprobar que la estructura del modelo desarrollado sea consistente con el sistema real, se da paso a la realización de pruebas de validación de estructura y comportamiento.

## 7.4 VALIDACIÓN DEL MODELO

Para la validación del modelo, se siguen las pruebas propuestas por Barlas (1996). Estas pruebas se encuentran direccionadas a la validación de la estructura y el comportamiento del modelo, debido a que los modelos de DS son construidos por naturaleza como causales-descriptivos (Barlas, 1996). Las pruebas de validación de la estructura, se dividen en pruebas directas de estructura y pruebas de comportamiento orientadas a la estructura. El Cuadro 6 presenta lo expuesto anteriormente.



**Cuadro 6. Pruebas de Validación para Modelos con DS (Adaptado de Barlas (1996))**

Para la validación de la estructura, se tienen dos tipos de pruebas: pruebas directas de estructura y pruebas de comportamiento orientadas a la estructura. Las pruebas directas de estructura se centran en evaluar la estructura del modelo, a través de comparaciones directas con el sistema real.

Las pruebas de estructura orientadas al comportamiento, evalúan las relaciones establecidas en el modelo, permitiendo identificar consistencia entre el sistema real y el sistema simulado. Estas pruebas se realizan dentro de las simulaciones para observar el comportamiento del modelo bajo condiciones extremas y analizar la sensibilidad de los parámetros.

### **7.4.1 PRUEBAS DIRECTAS DE ESTRUCTURA**

Las pruebas de validación de la estructura hacen referencia principalmente a todo el proceso llevado a cabo para el conocimiento de la Industria del Software en Colombia, al igual que el planteamiento del problema de investigación, a través de la realización del taller de modelamiento en grupo, entrevistas con expertos, empresarios y miembros de la

comunidad académica, encuestas de tomas de decisiones y revisión de la literatura relacionada con el tema que aborda esta investigación.

Los talleres de modelamiento y las encuestas a expertos y empresarios, validan la problemática actual del desarrollo de esta industria en el país, debido a los problemas básicos en su estructura, que se resumen en barreras o deficiencias que limitan el crecimiento de la industria y disminuyen el aprovechamiento de las oportunidades que se presentan a nivel industrial y a nivel país, con relación al crecimiento económico.

Las encuestas de toma de decisiones realizadas a estudiantes como complemento del taller de modelamiento, muestran resultados que se enfocan en la deficiencia de dirección estratégica que presentan la mayoría de empresas nacionales de software, cuyo mercado está dominado cerca del 92% por micro y pequeñas empresas (PROEXPORT, 2010b, 2011). Los problemas empresariales resultantes de la implementación de estas metodologías, se validan con los estudios desarrollado por Heshusius (2009) y FEDESOFTE (2012).

Adicionalmente, la revisión de literatura permitió validar las relaciones entre variables del sistema y establecer datos de entrada al modelo de simulación, con la construcción del ANEXO 1 que contiene los valores iniciales para los parámetros y niveles de interés utilizados en este proceso. Las pruebas de consistencia dimensional permitió la verificación de unidades con base en las relaciones correspondientes al sistema de medición utilizado, y la prueba de límites del modelo, facilitó el acotamiento del modelo al análisis de esta industria a nivel nacional, con la consideración exclusiva de la competencia interna generada por las empresas.

#### **7.4.2 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO ORIENTADAS A LA ESTRUCTURA**

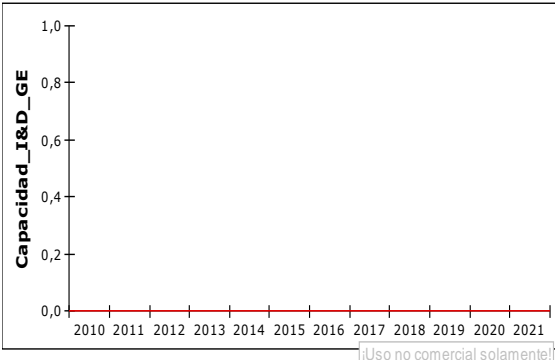
Las pruebas de estructura orientadas al comportamiento, se realizan con la finalidad de que mostrar la reacción del sistema modelado ante cambios en la estructura del mismo. Dentro de esta categoría de validación, cabe resaltar la importancia de las pruebas de condiciones extremas, debido a que muestra el comportamiento del sistema ante

escenarios adversos. Estos resultados se validan con la lógica operacional que tendría el comportamiento del sistema real, ante la ocurrencia de algunos de estos escenarios, con base en el análisis de las ecuaciones diferenciales utilizadas en el proceso de modelamiento.

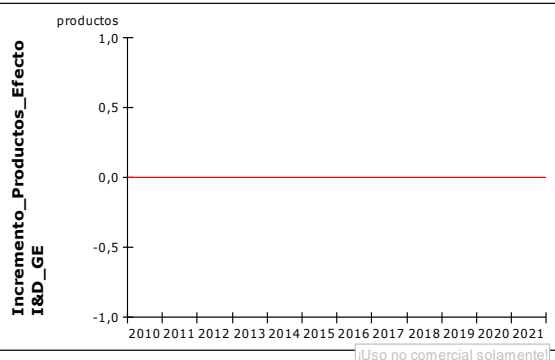
Al realizar las pruebas de condiciones extremas al modelo, se evidencia consistencia entre las relaciones establecidas porque los resultados obtenidos son comparables con los resultados que se esperarían en el sistema real, en caso de que estas condiciones ocurriesen.

De esta forma, considerando las capacidades de innovación, se obtiene que si la inversión en éstas es cero, la acumulación de esta capacidad debe ser cero. Los resultados obtenidos en las simulaciones, se muestran en la Figura 26.

De igual forma, al considerar un nivel inicial en la capacidad, bajo esta condición extrema, las simulaciones muestran un rápido decrecimiento de esta variable en el tiempo. De acuerdo a lo anterior, la Figura 27 muestra que si no existe acumulación en estas capacidades, el efecto sobre el incremento de productos y ventas es cero, por tanto, las ventas resultantes son menores que las ventas que incluyen los efectos de estas capacidades.



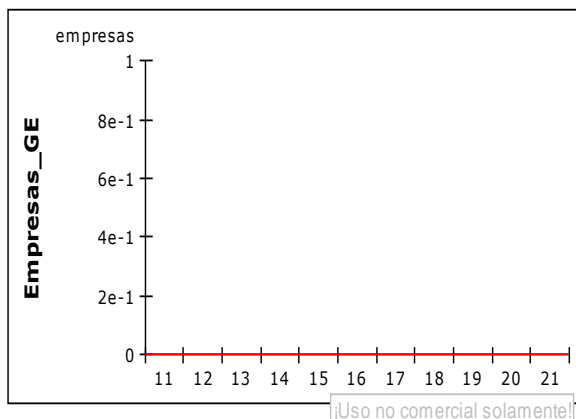
**Figura 26. Validación Capacidades de Innovación - Condiciones Extremas**



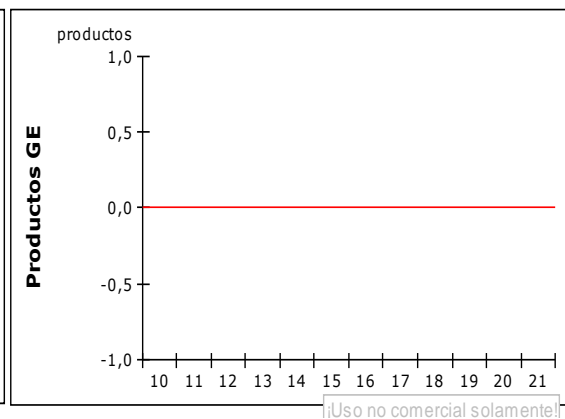
**Figura 27. Validación Incremento en Ventas - Condiciones Extremas**

Adicionalmente, se probó el efecto sobre el sistema, al considerar que el número de empresas es cero. Esta variable se encuentra directamente relacionada con el desarrollo

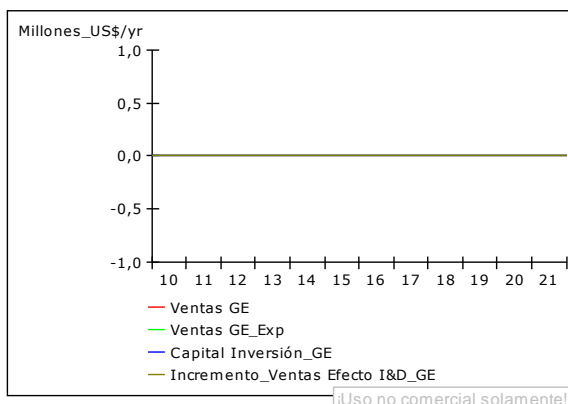
productos, por tanto, al tener las empresas valor cero, el número de productos también comparte esta posición. Las ventas y la participación del mercado también se ven afectadas de manera significativa. Estas pruebas se aplican sólo para las grandes empresas por simplicidad, pero el comportamiento y los resultados se extienden a las demás categorías de empresas. La Figura 28 a Figura 31 muestran los resultados de las simulaciones de condiciones extremas para las variables de empresas, productos, ventas y participación en el mercado.



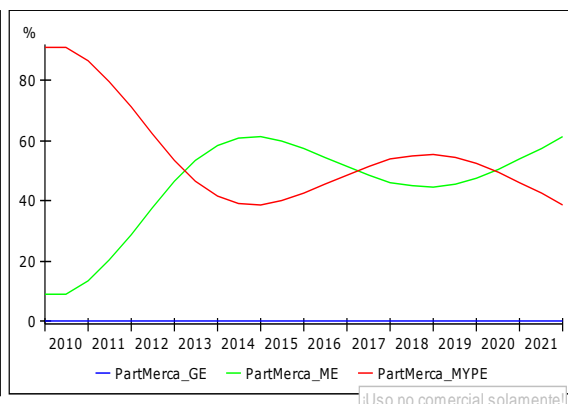
**Figura 28. Validación Empresas - Condiciones Extremas**



**Figura 29. Validación Productos - Condiciones Extremas**



**Figura 30. Validación Ventas - Condiciones Extremas**

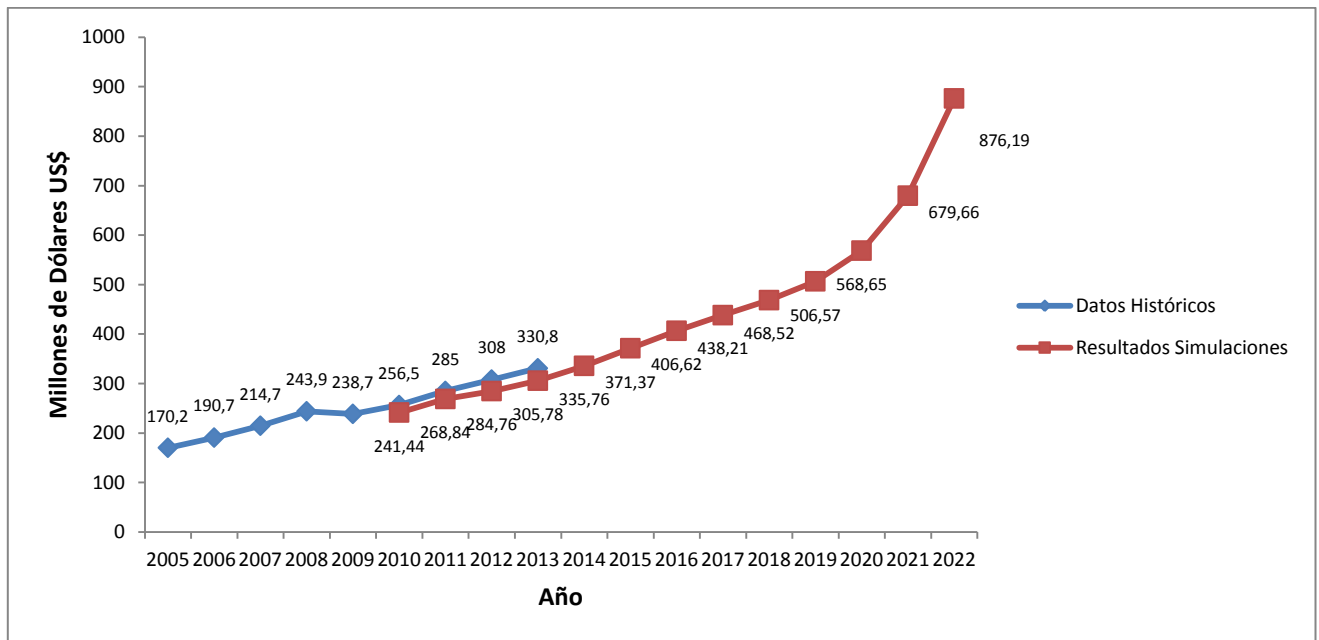


**Figura 31. Validación Participación del Mercado - Condiciones Extremas**

Las pruebas de validación realizadas directamente a la estructura y orientadas al comportamiento, permiten concluir que el modelo desarrollado presenta gran similitud al sistema de la Industria del Software en Colombia, debido a que contiene las particularidades operacionales y conceptuales de las empresas pertenecientes a esta industria en el país. Lo anterior, permite aumento en la confiabilidad de los resultados obtenidos por las simulaciones.

### **7.4.3 PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO**

Para la realización de las pruebas de validación del comportamiento del modelo, se toma como modo de referencia, los datos históricos de ventas de software 2005-2013, propuestos por FEDESOFTE (2011) y PROEXPORT (2011, 2012). Estas cifras se comparan con los resultados de la simulación en el escenario base, es decir, en el escenario construido con los datos actuales disponibles, referente a la Industria del Software en Colombia (año 2010). El escenario base y los valores iniciales utilizados en el modelamiento, se presentan en el siguiente capítulo. Los resultados del análisis comparativo entre el modo de referencia y la simulación, se presentan en la Figura 32. En esta figura se evidencia similitud en los resultados para los períodos comprendidos entre 2010 y 2013, con una diferencia promedio inferior a 5%. Lo anterior se convierte en una buena aproximación inicial que incrementa la confiabilidad en el modelo y en los resultados arrojados en las simulaciones posteriores. En la figura se puede observar que el modelo presenta el mismo crecimiento promedio que el sistema real, hasta que se propicia el crecimiento acelerado con la acción de la inversión en capacidades de innovación. Este crecimiento se debe a los procesos de aprendizaje y realimentación positiva, a través de la formación de ciclos de refuerzo entre las ventas y la reinversión en estas capacidades tecnológicas (Aguilar et al., 2012; Gómez, 2011; Lee & von Tunzelmann, 2005).

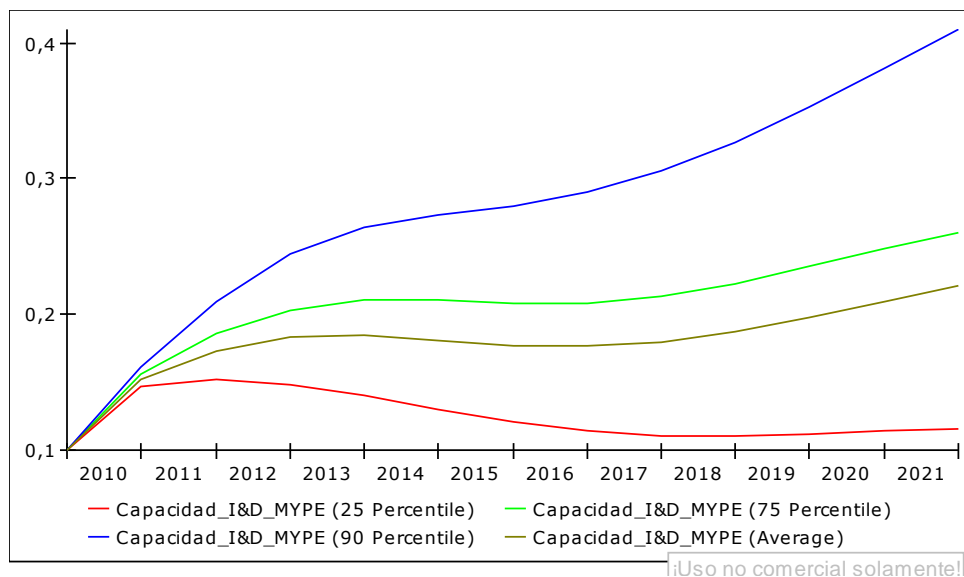


**Figura 32. Validación Comportamiento – Ventas Reales Vs Ventas Simuladas**

Dentro del proceso de validación, se plantea la realización de análisis de sensibilidad para evaluar que tan sensible es el modelo ante los parámetros que presentan mayor incertidumbre, donde la incertidumbre se representa por supuestos de distribuciones de probabilidad, en lugar de los valores seleccionados para dichos parámetros.

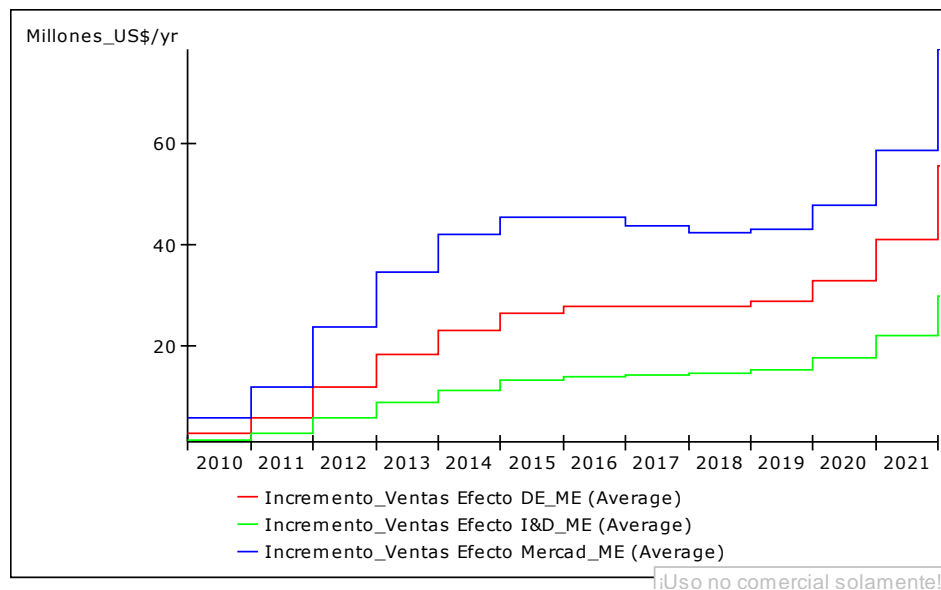
En primera instancia, se analiza el efecto del porcentaje de la inversión en I+D en el cambio del nivel de la capacidad para las MYPE (micro y pequeñas empresas), considerando como supuesto, la inversión de referencia para esta categoría de empresas. De esta forma, para el análisis de sensibilidad, se asume que la inversión de referencia se distribuye de manera exponencial con parámetros  $\mu=20$  y  $\beta=2$ . El parámetro inversión en I+D asocia un valor de referencia actual de 15%, con desviación estándar de 3%. La Figura 33 muestra los resultados para este análisis de sensibilidad. Se observa que el comportamiento de la capacidad de I+D en las MYPE presenta un comportamiento creciente de manera oscilatoria a través del tiempo, el cual es poco sensible al inicio de la simulación, pero a medida que el tiempo avanza, esta capacidad adquiere sensibilidad, con valores superiores al promedio; por ejemplo, mientras que los percentiles 75 y 90 muestran un valor aproximado de 0.40 y 0.25, respectivamente, el percentil 50 asocia un

decrecimiento cercano a 0.10. Por tanto, se concluye que esta capacidad para la categoría de empresas en mención, es más sensible para valores superiores al promedio.



**Figura 33. Análisis de Sensibilidad - Capacidad I+D para Micro y Pequeñas Empresas (MYPE)**

Otro de los análisis de sensibilidad que se plantea, es la evaluación del efecto de las capacidades de innovación tecnológicas, en el comportamiento de las ventas totales para la categoría de medianas empresas (ME). La Figura 34 muestra los resultados de esta aplicación, permitiendo observar que el mayor efecto promedio sobre las ventas en las ME, se atribuye a la capacidad de mercadeo, seguido de la capacidad de direccionamiento estratégico y en menor proporción se encuentra la capacidad de I+D. Todos los efectos comparten baja desviación estándar y comportamiento creciente, debido a la acumulación de los niveles de capacidades y el incremento en las ventas.



**Figura 34. Análisis de Sensibilidad - Efecto de las Capacidades en las Ventas de Medianas Empresas (ME)**

De acuerdo a lo anterior, se realiza el análisis individual del efecto de la inversión y el nivel inicial de la capacidad sobre el comportamiento de las capacidades de innovación tecnológicas para esta categoría de empresas. En este análisis se consideran las condiciones iniciales de la capacidad de I+D, mercadeo y DE, bajo un ajuste a la distribución normal, con los siguientes parámetros para la media ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $s$ ):

Capacidad I+D:  $\mu= 0.29$   $s=0.03$

Capacidad Mercadeo:  $\mu= 0.47$   $s=0.05$

Capacidad DE:  $\mu= 0.37$   $s=0.04$

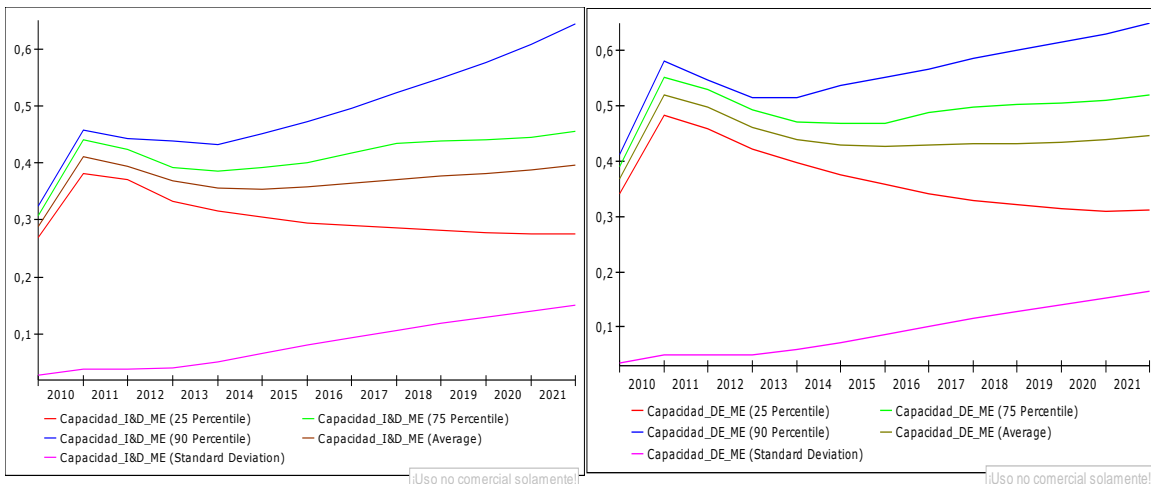
Los parámetros de inversión de referencia se distribuyen de manera exponencial con parámetros  $\mu=20$  y  $\beta=2$  para la capacidad de mercadeo, y  $\mu=30$  con  $\beta=3$  para las capacidades de I+D y DE. Adicionalmente, los valores iniciales para los parámetros de inversión actual e intervalos mínimos y máximos, se relacionan de la siguiente manera:

% Inversión I+D: Actual= 20% Mínimo= 15% Máximo= 25%

% Inversión Mercadeo: Actual= 10% Mínimo= 8% Máximo= 12%

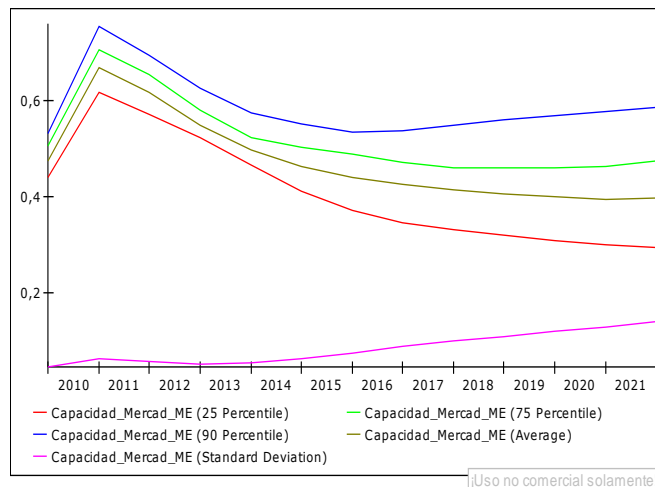
% Inversión DE: Actual= 13% Mínimo= 10% Máximo= 16%

La Figura 35 a la Figura 37, presentan los resultados de este análisis, mostrando que en general, todas las capacidades son altamente sensibles a los niveles iniciales de las mismas y al porcentaje de inversión como función de las ventas. La mayor variabilidad la presenta la capacidad de I+D, especialmente en los periodos finales de la simulación y valores superiores al promedio, con alta desviación debido a la variación continua.



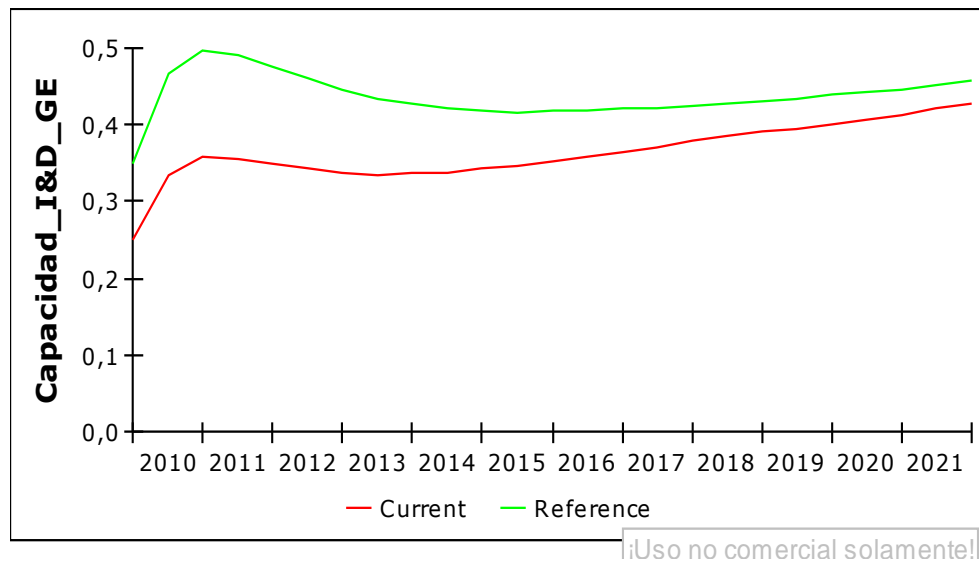
**Figura 35. Análisis de Sensibilidad – Capacidad I+D en ME**

**Figura 36. Análisis de Sensibilidad Capacidad Mercadeo en ME**



**Figura 37. Análisis de Sensibilidad Capacidad DE en ME**

Adicionalmente, para las grandes empresas se realizó una prueba de comparación de corridas de simulación que permite establecer cómo afecta el nivel inicial de la capacidad al comportamiento de la misma en el tiempo. La Figura 38 presenta el comportamiento de la capacidad de I+D con valores iniciales de 0.25 para la corrida actual y 0.35 para la corrida de referencia, conservando constantes los niveles de inversión e inversión de referencia en esta capacidad. Los niveles finales de estas simulaciones presentan valores de 0.41 para la corrida actual y 0.46 para la de referencia, permitiendo concluir que el nivel inicial de la capacidad influye directamente en el proceso de acumulación y crecimiento de la misma, al considerar la tasa normal de crecimiento de la capacidad y el porcentaje de inversión en esta capacidad con relación a los niveles de referencia.



**Figura 38. Comparación de Corridas de Simulación en GE - Niveles Iniciales de la Capacidad de I+D**

Las pruebas de validación de estructura y comportamiento presentan al modelo desarrollado como un modelo que permite tener confiabilidad apropiada en los resultados obtenidos de las simulaciones porque presenta consistencia con el comportamiento del sistema real y el comportamiento esperado del modelo, a partir de los supuestos establecidos para el proceso de validación. Además, las pruebas de sensibilidad

realizadas muestran a las capacidades de innovación como variables de estado altamente sensibles a los cambios en los parámetros iniciales, tal como el porcentaje de inversión y el nivel inicial de dichas capacidades, presentando generalmente mayor ajuste a la distribución normal que a la distribución exponencial, con inversiones superiores al comportamiento aportado por el promedio.

## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE POLÍTICAS

Una vez validado el modelo de simulación para la Industria del Software en Colombia, se procede a la evaluación de políticas sobre el efecto sobre las ventas de la inversión en capacidades de innovación tecnológicas, como la I+D, mercadeo y direccionamiento estratégico. Para esto, se hace el planteamiento de escenarios de simulación que contemplen diferentes niveles de inversión y condiciones iniciales para los niveles y parámetros asociados al presente modelo.

Este capítulo comienza con la simulación del escenario base que relaciona los resultados de la simulación con las condiciones actuales de la Industria del Software para el caso colombiano. Este escenario se compara con los resultados de las simulaciones para los siguientes escenarios:

- Escenario 1: Contempla la no inversión en capacidades de innovación y valores cero para los niveles iniciales de estas capacidades.
- Escenario 2: Relaciona el nivel de la capacidad con el efecto de la inversión sobre las ventas, considerando como cero el nivel inicial y manteniendo constantes los niveles de inversión en las capacidades modeladas.
- Escenario 3: Plantea el aumento de la inversión en las capacidades de innovación tecnológicas, hasta alcanzar los niveles de inversión de referencia.
- Escenario 4: Propone la combinación del escenario base y el escenario 1, al frenar la inversión en estas capacidades desde el quinto año de la simulación y por tanto, se frena el efecto que éstas ocasionan en el nivel de ventas.

Cada uno de los escenarios simulados presenta los resultados más importantes acerca de las variables e indicadores de interés en esta industria.

### 8.1 ESCENARIO BASE

El escenario base contiene simulaciones como resultados del modelamiento del estado actual de la Industria del Software en Colombia, al año 2010. Los valores iniciales fueron tomados de estudios realizados en esta industria a nivel nacional, siendo este escenario el *status quo*. Para algunos valores fue necesaria la adaptación al caso de estudio de esta

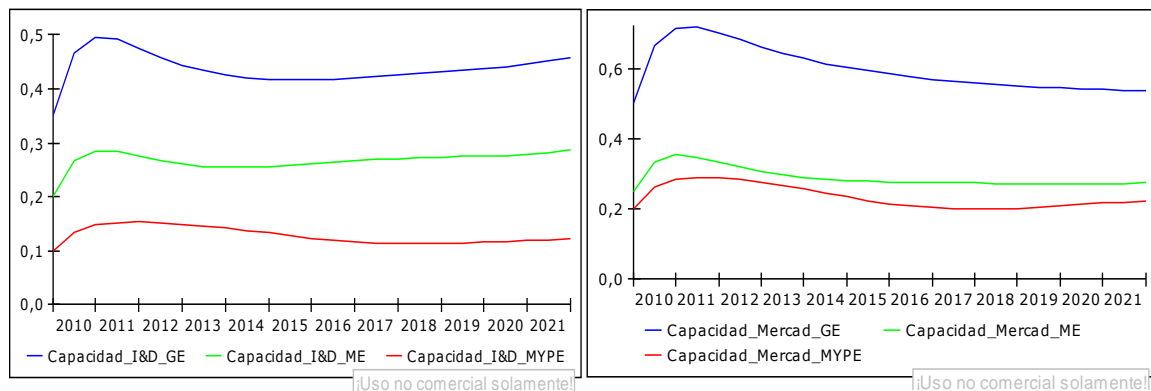
investigación; éste proceso se llevó a cabo bajo criterio de expertos en la etapa de validación del modelo. El ANEXO 1 contienen los valores iniciales para los parámetros y niveles, además de la descripción de cada uno de ellos y de la respectiva fuente que lo respalda.

A continuación, la Tabla 4 presenta los parámetros principales a considerar en este escenario.

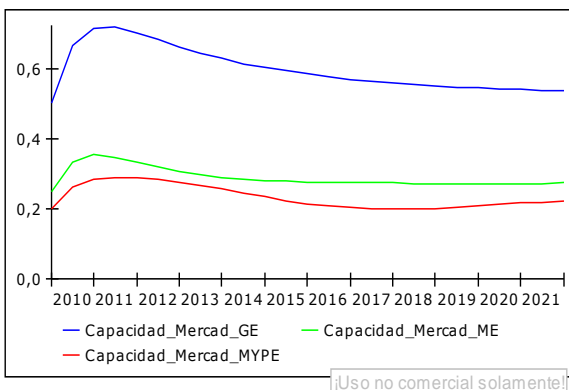
**Tabla 4. Valores Iniciales Escenario Base**

<b>Variable</b>	<b>Empresas MYPE</b>	<b>Empresas ME</b>	<b>Empresas Ge</b>
Capacidad I&D	0,1	0,2	0,35
Capacidad Mercadeo	0,2	0,25	0,5
Capacidad Direccionamiento Estratégico	0,2	0,3	0,4
Inversión Capacidad I&D	10,00%	14%	30,00%
Inversión Capacidad Mercadeo	8,00%	10,00%	20,00%
Inversión Capacidad Direccionamiento Estratégico	12,00%	13,00%	25,00%

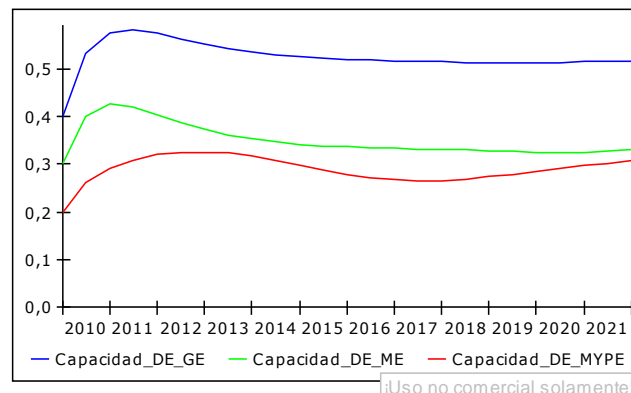
Cada uno de los resultados obtenidos en las simulaciones, se presentan por categoría de empresas. De esta forma, los resultados en la acumulación de capacidades por cada tipo de empresa se presentan en la Figura 39 a Figura 41. Como se puede observar, las capacidades presentan un comportamiento creciente en los niveles iniciales que luego se mantiene constante o con un leve decrecimiento atribuido a la obsolescencia de las capacidades y a los bajos niveles de inversión actual, con relación a los niveles de referencia. Los mayores valores se presentan en las grandes empresas, por lo que se puede esperar que éstas tengan amplia participación en la industria con el desarrollo y ventas de productos.



**Figura 39. Capacidad I+D - Escenario Base**



**Figura 40. Capacidad Mercadeo - Escenario Base**

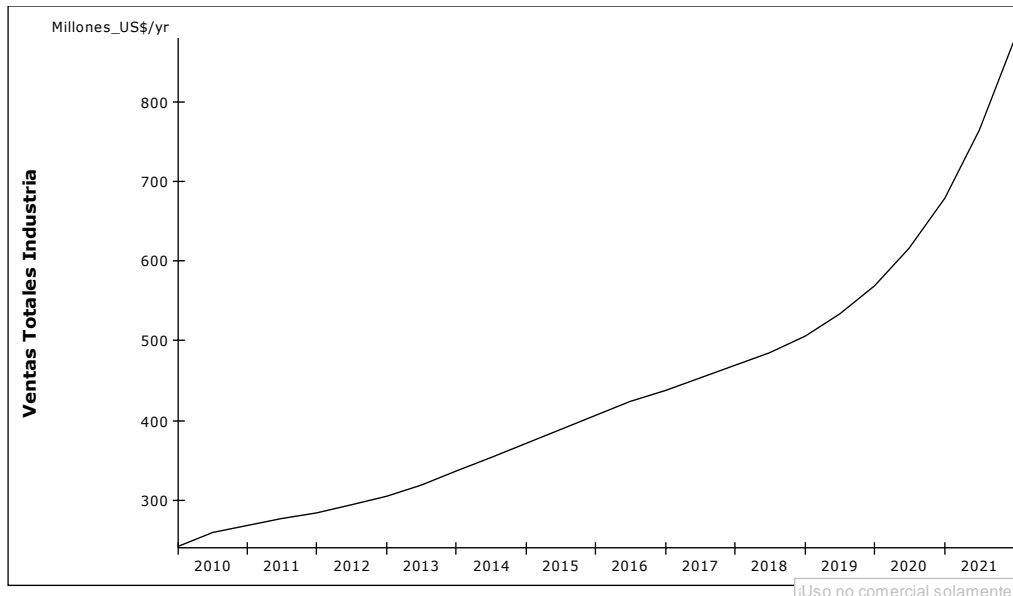


**Figura 41. Capacidad DE - Escenario Base**

La Figura 42 muestra el comportamiento de las ventas totales de software, el cual, se considera creciente moderado en los períodos simulados, con un crecimiento anual aproximado al 10%. Este valor se asemeja al crecimiento actual de esta industria a nivel nacional (8%). Este comportamiento se acelera un poco hacia el año 2019, terminando en niveles de venta de 876 millones de dólares, al año 2022. A estas ventas se asocia un nivel de exportación inicial aproximado al 13% del total de las ventas de software, que culmina según las políticas de exportación en 50% al año 2022.

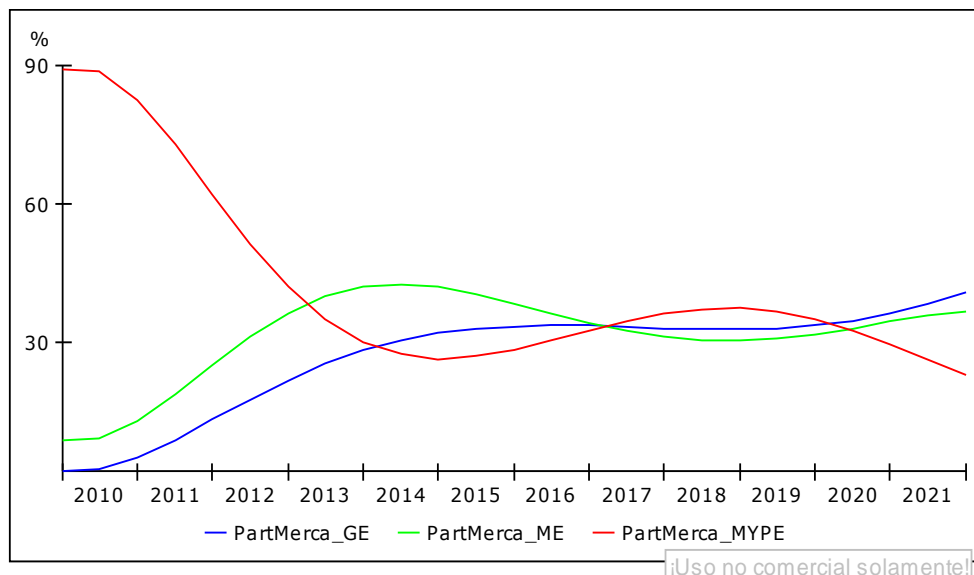
De acuerdo a estos resultados y según los planteamientos de crecimiento propuestos por el programa de Transformación Productiva, se concluye que con el escenario actual, no se cumplen las metas de crecimiento establecidas, debido a que las ventas al año 2013, presentarían un crecimiento promedio de 8% a 10% anual; mientras que la meta

establecida por este programa, asocia niveles de crecimiento anual de 17% a 19%, para este mismo año.



**Figura 42. Ventas Totales Industria - Escenario Base**

Al analizar la participación del mercado de las empresas de software, se presenta un comportamiento inesperado pero consistente con los niveles de capacidades acumuladas por cada categoría de empresas. La Figura 43 muestra inicialmente el comportamiento de participación en el mercado dominado por las MYPE, pero a medida que avanza el tiempo en la simulación, éste comienza a decrecer, ocasionando crecimiento en la participación de las ME y GE. En el año 2014, las empresas entran en competencia continua por la participación del mercado, asociado a un comportamiento oscilatorio cerca del 35%. Al final de la simulación, las MYPE inician el proceso de decrecimiento, terminando con 22,79% de participación del mercado, mientras que las ME y GE presentan niveles de 36.44% y 40.76%, respectivamente.

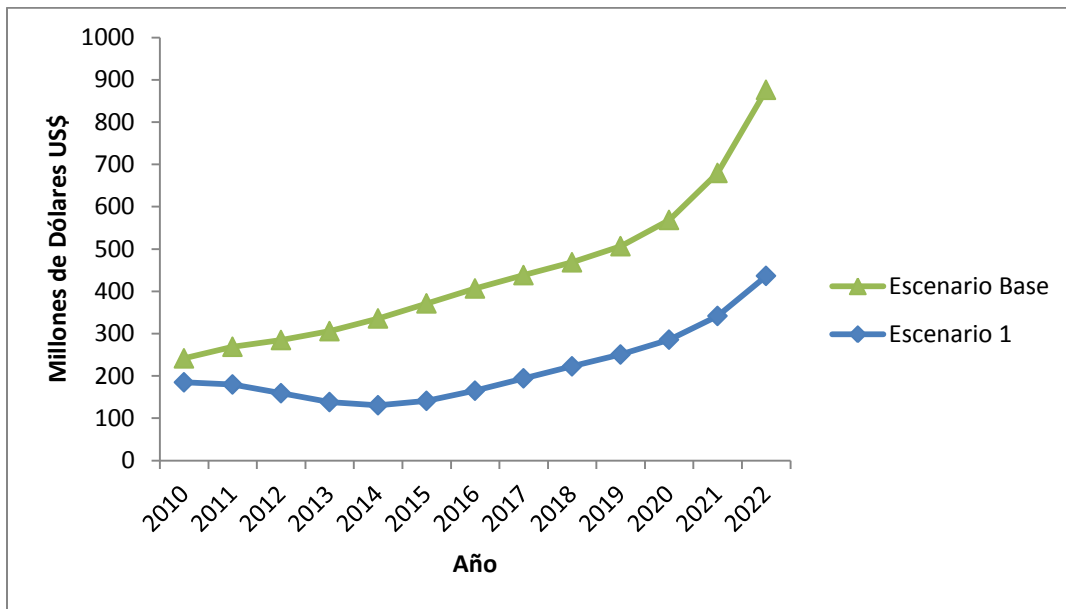


**Figura 43. Participación en el Mercado - Escenario Base**

## 8.2 ESCENARIO 1

El escenario 1 se desarrolla con la finalidad de mostrar el cambio en los niveles de venta que aporta la inversión en capacidades de innovación. Para esto, se asume en cero los valores iniciales y no hay porcentajes de inversión asociados para ninguna de estas capacidades.

La Figura 44 presenta el comparativo de ventas entre el presente escenario con el escenario base. Los resultados indican que al inicio de la simulación, se presenta una diferencia entre estos escenarios que se va haciendo más significativa con el paso del tiempo. Los resultados son consistentes al demostrar que el escenario que no considera las capacidades de innovación tecnológicas, tiende a presentar niveles inferiores de ventas, del orden del 30% al 100% aproximadamente. De acuerdo a esta situación, se puede concluir que la inversión, acumulación, aprendizaje y explotación de las capacidades de innovación, tiene efectos positivos dominantes en las ventas de la Industria del Software en Colombia, al igual que en la competitividad de las empresas a nivel nacional e internacional.

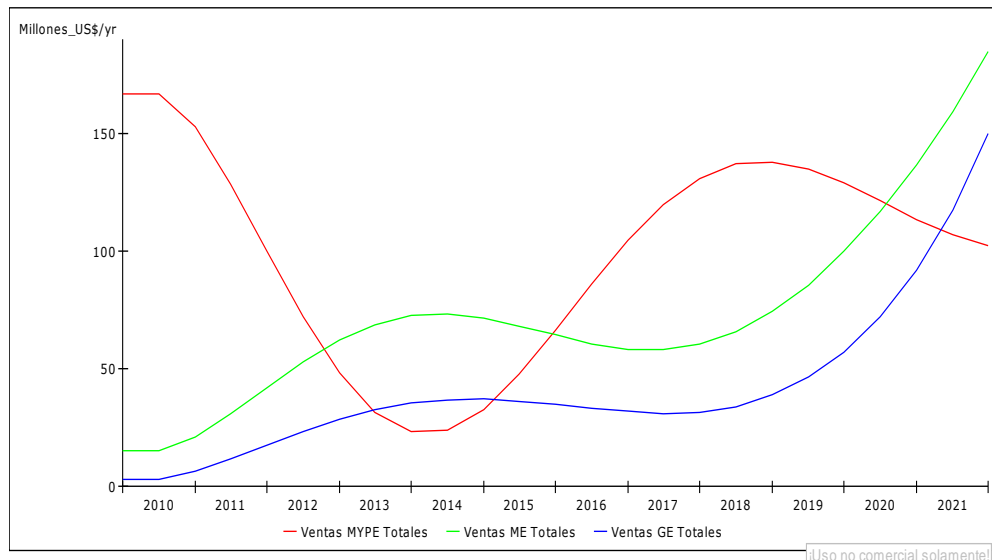


**Figura 44. Comparativo de Ventas – Escenario 1 Vs Escenario Base**

Al comparar estos dos escenarios, se evidencia que los valores iniciales al año 2010 difieren porque en el escenario base ya se considera el efecto de estas capacidades sobre las ventas, debido a los niveles iniciales que presentan cada una de las capacidades en mención. El escenario 1 comienza con niveles iniciales cero para las capacidades de innovación y las ventas disminuyen con relación al escenario anterior.

La Figura 45 presenta el comparativo de ventas por cada categoría de empresas, permitiendo observar el cambio en el porcentaje de ventas asociadas a cada una de éstas, debido al efecto de la falta de inversión en capacidades de innovación.

En el escenario base, las GE acumularon el mayor nivel de capacidades, por tanto, fueron los responsables del mayor nivel de ventas. Pero ante escenario, las condiciones cambian y el mercado es dominado por la participación de las ME. Las MYPE por su parte, presentan un comportamiento oscilatorio debido a la alta tasa de obsolescencia de los productos y las empresas, considerando también los tiempos de desarrollo de estas variables. En resumen, el porcentaje de participación para las MYPE es 23.36%, para las ME es de 42.29% y a las GE les corresponde el 34.35% del mercado.



**Figura 45. Comparativo de Ventas entre Empresas - Escenario 1**

### 8.3 ESCENARIO 2

En el escenario 2 se plantea mantener el porcentaje de inversión para cada categoría de empresas en las respectivas capacidades de innovación, como se presentó en el escenario base, pero, con la modalidad de que el nivel inicial de estas capacidades sea cero. La intención del planteamiento de este escenario es mostrar como ocurre el proceso de acumulación de capacidades de innovación tecnológicas en las empresas, considerando retardos en el tiempo de adopción y aprendizaje, como en el tiempo de obsolescencia de la capacidad.

A continuación, la Figura 46 a Figura 48 muestran el comportamiento de cada una de estas capacidades por categoría de empresa. En general, se concluye que las GE invierten y acumulan mayor nivel de capacidades, mientras que las MYPE presentan un comportamiento oscilatorio que la ubican como las empresas que presentan menor inversión inicial en capacidades. Sin embargo, se presenta un mayor crecimiento en el nivel de ventas asociados al número de productos y las tasas de crecimiento de estas capacidades. Lo anterior se puede observar en la capacidad de DE, donde las MYPE presentan niveles que sobrepasan a las ME; cabe resaltar que el efecto de esta

capacidad sobre las ventas tiene un peso ponderado de 50%. Los porcentajes de participación de las empresas son: MYPE = 23.70%, ME = 37.62% y GE = 38.68%

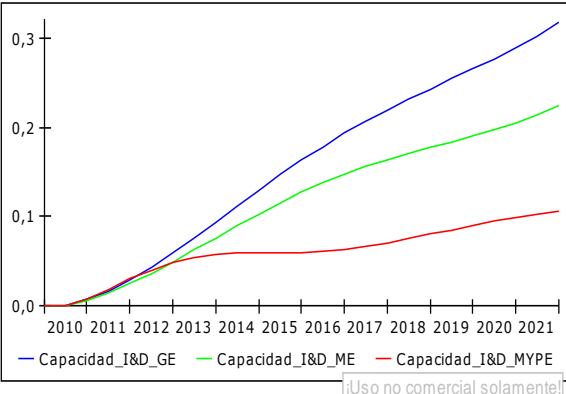


Figura 46. Capacidad I+D - Escenario 2

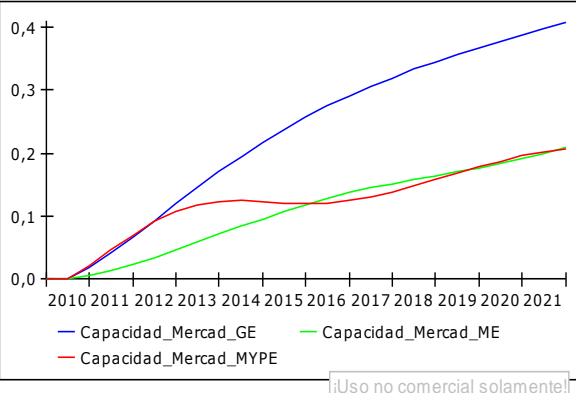


Figura 47. Capacidad Mercadeo - Escenario 2

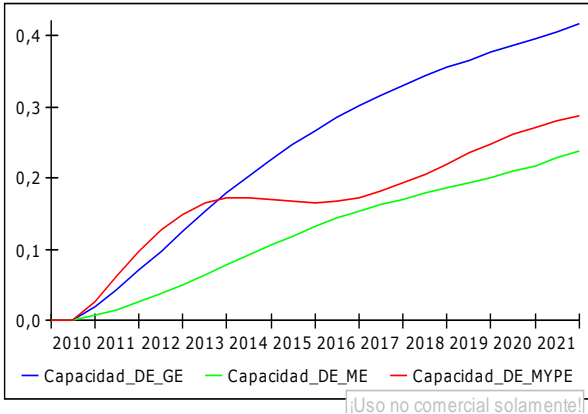
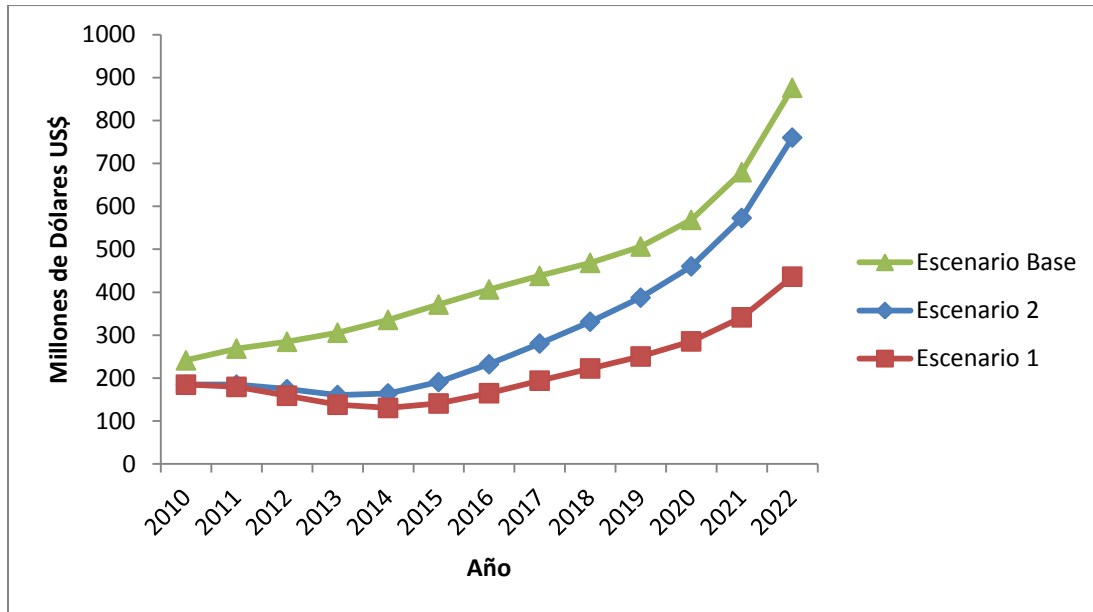


Figura 48. Capacidad DE - Escenario 2

La Figura 49 muestra el comparativo de ventas entre el escenario base y los escenarios 1 y 2. Como era de esperarse, al considerar el escenario 2, niveles iniciales cero en las capacidades pero inversión en cada una de estas, el nivel de ventas aumenta considerablemente con relación al escenario 1. Nótese que los valores iniciales para estos dos escenarios coinciden debido a que el nivel inicial de la capacidad es cero y no se consideran los efectos éstas sobre las ventas. Con relación al escenario base, se tienen ventas significativamente inferiores.



**Figura 49. Comparativos de Ventas - Escenario Base, Escenario 1 y Escenario 2**

## 8.4 ESCENARIO 3

El escenario se plantea con valores que hacen que se convierta en un escenario más favorable en términos de ventas. Básicamente, su diferencia con relación al escenario base se centra en el aumento de la inversión en capacidades de innovación, manteniendo constantes los niveles iniciales de estas capacidades.

Al incrementar la inversión, se mejoran los procesos de aprendizaje, experiencia y acumulación de capacidades, que permiten a su vez, el incremento de las ventas, a través del refuerzo en los ciclos de desarrollo de productos y tiempo de obsolescencia de las capacidades mencionadas.

Para el modelamiento de este escenario, se incrementa el porcentaje de inversión en las capacidades hasta alcanzar los niveles de inversión de referencia. La Tabla 5 presenta los valores iniciales que guían las simulaciones del escenario actual.

**Tabla 5. Valores Iniciales Escenario 3**

<b>Variable</b>	<b>Empresas MYPE</b>	<b>Empresas ME</b>	<b>Empresas Ge</b>
Capacidad I&D	0,1	0,2	0,35
Capacidad Mercadeo	0,2	0,25	0,5
Capacidad Direccionamiento Estratégico	0,2	0,3	0,4
Inversión Capacidad I&D	20,00%	30,00%	40,00%
Inversión Capacidad Mercadeo	20,00%	20,00%	30,00%
Inversión Capacidad Direccionamiento Estratégico	20,00%	30,00%	30,00%

Los resultados de las simulaciones muestran que las ventas sufren un crecimiento considerable con relación a los escenarios anteriores, incrementando alrededor de 17% anual y mostrando diferencias significativas con el escenario base, cerca del 30%; además, el nivel de exportación aumenta a valores cercanos al 70%. De esta manera, éste escenario cumple con la finalidad del Programa de Transformación Productiva, al convertir la Industria del Software en Colombia, en una industria que traspase las fronteras del mercado doméstico, mostrando firmes capacidades de expansión en el mercado exportador.

La Figura 50 presenta este comportamiento, a través del comparativo de las ventas con relación a los escenarios anteriores. Como se puede observar, las ventas reportadas por el escenario 3 son significativamente superiores que las demás, presentando mayor pendiente de crecimiento que en el escenario base. Este comportamiento se debe a los ciclos de refuerzo que crea la inversión en las capacidades de innovación, aumentando el efecto de éstas sobre el nivel de ventas.

Adicionalmente, se presentan los niveles de ventas por categorías de empresas que permite comparar la participación en el mercado de cada una de estas. La Figura 51 muestra que el comportamiento oscilatorio decreciente que presentan las MYPE en escenarios anteriores, se estabiliza considerablemente; sin embargo, siguen manteniendo una baja participación en el mercado. La baja participación se da por la insipiente en temas de innovación que mantiene la mayoría de estas empresas. La competencia por el mercado entre las ME y las GE se agudiza, presentando cambios significativos durante toda la simulación.

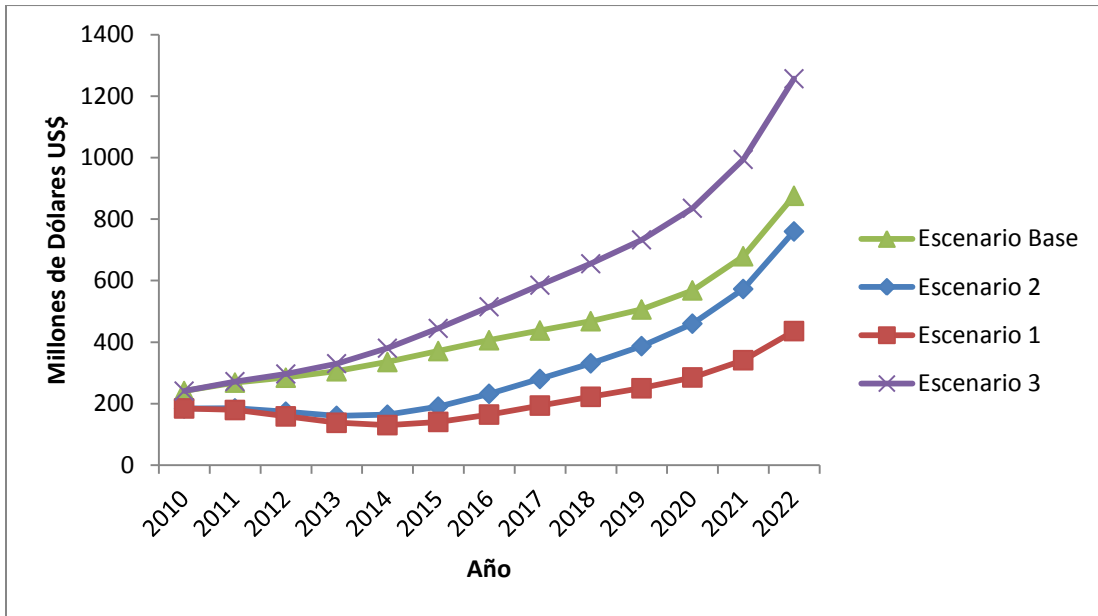


Figura 50. Comparativo de Ventas - Escenario 3 Vs Anteriores

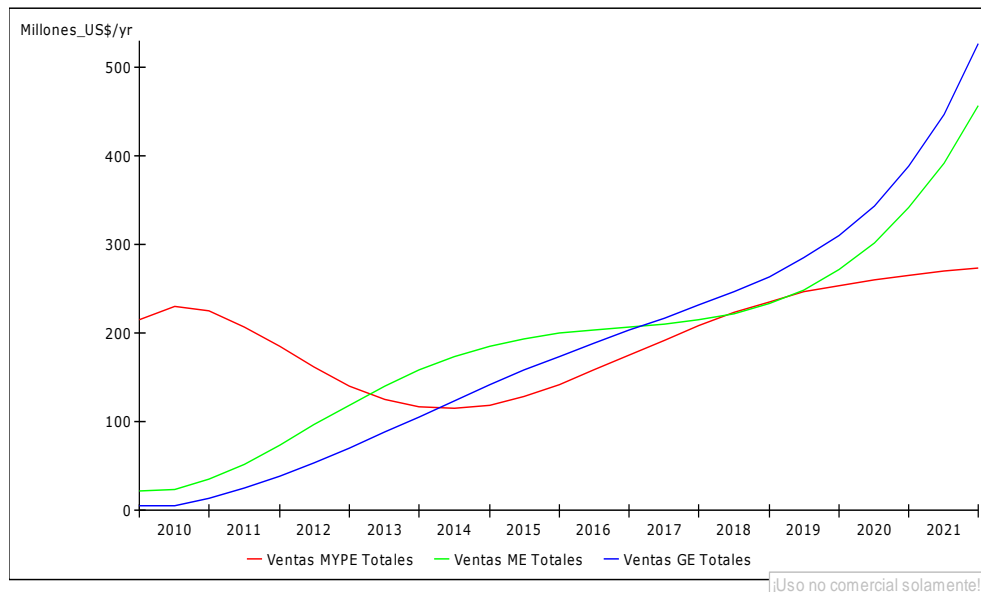
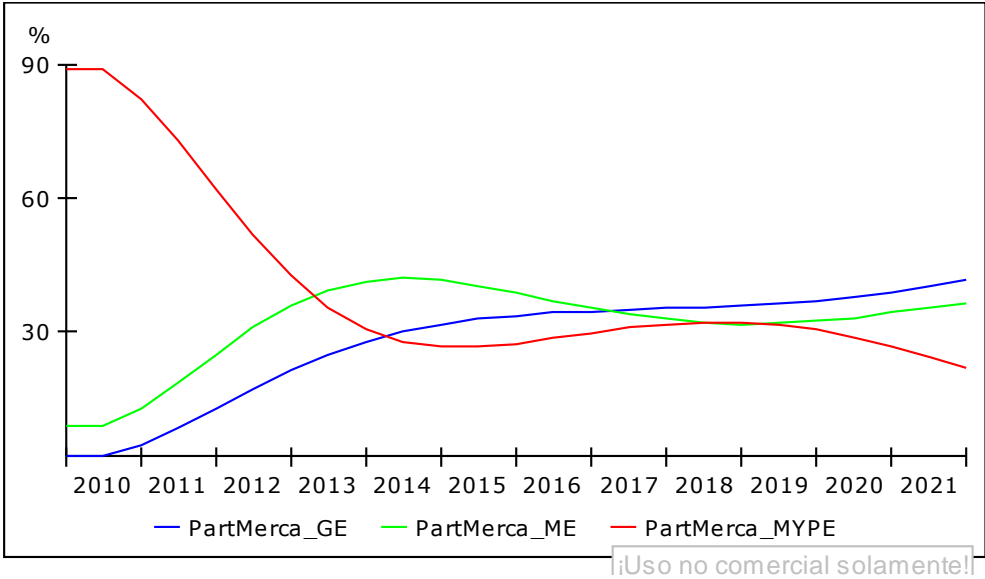


Figura 51. Comparativo de Ventas entre Empresas - Escenario 3

Finalmente, el porcentaje de participación en el mercado obtenido en estas simulaciones es de 21.74% para las MYPE, 36.34% para las ME y 41.921% para las GE. La información anterior se complementa con la Figura 52.



**Figura 52. Participación en el Mercado - Escenario 3**

Como resultado principal de este escenario, se resalta el efecto de la inversión en las capacidades de innovación sobre el incremento de las ventas a nivel industrial. Además, se evidencia a través del modelamiento de escenarios que la inversión tiene mayor peso sobre las ventas que los niveles iniciales de la capacidades de innovación en estudio.

### 8.5 ESCENARIO 4

Como complemento a los escenarios anteriores, el escenario 4 plantea la combinación del escenario base con el escenario 1, teniendo niveles iniciales establecidos para las capacidades de innovación y porcentajes de inversión que se evidencia en efectos sobre el nivel de ventas. El escenario plantea la modificación a partir del año 2015, en donde se

frena la inversión en estas capacidades, permitiendo solamente los efectos en las ventas que hayan acumulado las capacidades en los cinco años anteriores.

Los resultados de la simulación para este escenario muestran el decrecimiento de las ventas a partir del año 2015, año en el que se realiza la intervención, consistente con las expectativas. Cabe anotar, que al año 2015, los niveles de estas capacidades aún tienen valores acumulados que tienden a reducirse con el paso del tiempo por la degradación de las capacidades. Esta acumulación conlleva a cambios altamente significativos en los niveles de ventas, con diferencias promedios de 50%. La Tabla 6 muestra el comparativo de las ventas totales de la industria, reportadas en el escenario base y en el actual.

**Tabla 6. Comparativo de Ventas - Escenario Base Vs Escenario 4**

<b>Ventas Totales Industria</b>		
<b>Año</b>	<b>Escenario Base</b>	<b>Escenario 4</b>
2010	241,44	241,44
2011	268,84	268,84
2012	284,76	284,76
2013	305,78	305,78
2014	335,76	335,76
2015	371,37	239,8
2016	406,62	264,8
2017	438,21	288,28
2018	468,52	309,66
2019	506,57	333,01
2020	568,65	368,17
2021	679,66	430,65
2022	876,19	541,67

Adicionalmente, la Figura 53 presenta el comportamiento de las ventas, segmentadas por categoría de empresas. En esta figura se puede apreciar cómo las empresas oscilan continuamente para ganar mayor porcentaje de ventas, considerando el total general. Dentro de éstas, las ME se posicionan y obtienen el mayor nivel de ventas, mientras que las GE pierden participación debido a la reducción de la inversión en capacidades de innovación. Mientras tanto, las MYPE aprovechan el número de productos disponibles para incrementar la participación en el mercado. Los porcentajes de participación del

mercado por categoría de empresas, asociado a esta simulación es: MYPE= 26.10%, ME= 38.99% y GE= 34.90%



**Figura 53. Comparativos de Ventas entre Empresas - Escenario 4**

El análisis de estos escenarios de simulación, permiten evaluar cómo la inversión en capacidades de innovación cambia las condiciones para las empresas y para la industria en general, a través de situaciones favorables y desfavorables. La percepción de cada uno de los escenarios se relaciona en alto grado con el punto de vista del analista.

Finalmente, la Figura 54 presenta el comparativo de ventas de todos los escenarios simulados en esta sección, comparados con el escenario base. Los resultados de la simulación permite establecer que el escenario base reporta crecimiento moderado en las ventas, a causa de los niveles de inversión actual en las capacidades de innovación en estudio; sin embargo, se convierte en un escenario favorable si se compara con escenarios en los que no se invierte en estas capacidades (Escenario 1) y/o no se tienen niveles iniciales para las mismas (Escenario 1 y 2), cuyos valores de ventas se reducen considerablemente. El escenario 3 es un escenario ideal debido a los niveles de ventas y acumulación de capacidades que reporta, mostrando crecimiento significativo en cada una de las variables de modelamiento analizadas. El escenario 4, construido a partir de la

combinación de escenario base y escenario 1, muestra cómo al frenar la inversión en capacidades de innovación, aún presentando niveles iniciales de éstas, ocasiona un decrecimiento notorio en el nivel de ventas, que conllevan a ubicar a este escenario por debajo de las ventas reportadas por el escenario 2, a partir del año 2018.

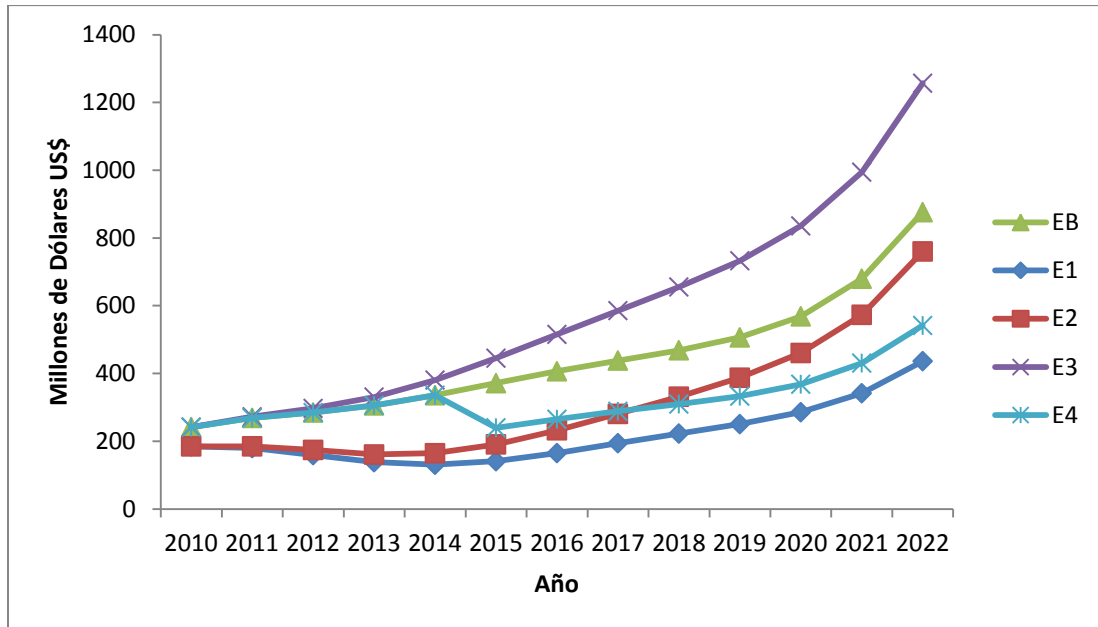


Figura 54. Comparativo de Ventas entre Escenarios

## **9. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

### **9.1 CONCLUSIONES**

Los resultados de la revisión sistemática de literatura permiten conocer la importancia que ha cobrado la Industria del Software a nivel mundial, a través de la generación del crecimiento económico de los países que han incursionado en este sector industrial. La industria es catalogada como una industria de conocimiento con altos niveles de proyección hacia la expansión y crecimiento acelerado, debido al incremento en el uso de herramientas de software para el sector de las TICs. Además, los productos y servicios de software ganan expansión en el mercado, ampliando su aplicación en todos los sectores industriales que mueven la economía de un país, por lo que se estima que la demanda de esta industria continuará en crecimiento.

El desarrollo de esta industria en América Latina ha sido de gran importancia, gracias a la representación de países como Brasil, Argentina, México y Chile. Cada uno de estos países ha desarrollado estrategias de innovación que ha permitido la adquisición de ventajas competitivas, a través del aprovechamiento máximo de las ventajas comparativas, y centrándose en la satisfacción de las necesidades de un nicho de mercado en particular, ya sea con fines de mercado doméstico o mercado exportador.

Colombia, en su condición de país de economía emergente ha incursionado recientemente en esta industria con resultados que se muestran favorables al crecimiento económico, pero que se frena por la presencia de barreras que limitan el crecimiento. Estos límites se encuentran segmentados a nivel empresarial y a nivel país, ocasionando el desaprovechamiento de las ventajas comparativas de las que se privilegia el país, como la excelente ubicación geográfica, amplitud en zona horaria laboral, costos de mano de obra, entre otras.

La Industria del Software a nivel nacional se ha catalogado como incipiente, inmadura, desarticulada y con pocas condiciones para incursionar en un mercado de alto nivel de competencia (Heshusius, 2009; Robledo et al., 2010; Tigre & Marques, 2009). Esta situación se debe a que las empresas no cuentan con las capacidades necesarias para la producción, distribución y comercialización de software, que cumplan con las exigencias

del mercado internacional. Lo anterior se evidencia en el crecimiento moderado de las ventas, número de empresas con certificaciones, exportaciones, vinculación de profesionales con posgrado, especialmente maestrías y doctorados, y demás indicadores de crecimiento industrial, por debajo de lo esperado.

Estas y otras características de la industria, hacen que el problema al crecimiento que enfrentan las empresas de software requiera la integración con otras del conocimiento, como la investigación de operaciones y el pensamiento sistémico, a través de la realización de talleres de modelamiento en grupo, encuestas de percepción y entrevistas a expertos, empresarios y miembros de la comunidad académica.

Los resultados de esta implementación, identificaron como problema de investigación el conocimiento limitado de las dinámicas sistémicas que explican el comportamiento de la Industria del Software en Colombia, en ambientes de alta competencia internacional. Este problema se valida con los resultados de las encuestas, evidenciando la debilidad de las empresas colombianas de software, en términos de direccionamiento estratégico y gestión empresarial, a causa de que las decisiones se encuentran limitadas por el campo de formación profesional de sus dirigentes. Lo anterior permite concluir que si no se conoce la industria y no se comprende su comportamiento, es muy difícil identificar cuáles son las necesidades técnicas, profesionales y administrativas de estas empresas.

Adicionalmente, se evidencia los bajos niveles de capacidades de innovación con los que cuentan estas empresas, siendo consideradas como variables claves de éxito en el crecimiento de las industrias.

El sector de las TICs en general y la Industria del Software en particular, son catalogados como sectores que apalancan el crecimiento económico de otros sectores industriales de importancia económica. Lo anterior promueve la formación de programas direccionados al fortalecimiento empresarial de esta industria, siendo uno de las líneas de acción, el incentivo a la inversión de capacidades de innovación tecnológicas, como motor de crecimiento empresarial e industrial.

Con base en la identificación de necesidades de la Industria del Software en Colombia, este trabajo plantea la hipótesis dinámica de crecimiento que se centra en la inversión en capacidades de innovación tecnológicas, como factores de apalancamiento para el crecimiento de las ventas. Para esto, se ha desarrollado un modelo de simulación con

dinámica que sistemas, con el cual se evalúa el efecto sobre las ventas de inversión en estas capacidades de innovación, considerando los supuestos y el alcance del modelamiento de cada uno de los escenarios propuestos.

El modelamiento permitió la descripción del sistema en términos de su estructura y la generación de una hipótesis dinámica que integre cada una de las variables y sus relaciones en el sistema. Este proceso permitió la comprensión y entendimiento del sistema, al igual que la evaluación de políticas mediante el modelamiento de escenarios de simulación, cuyo desempeño se presentó en análisis comparativos de resultados. La validación del modelo muestra consistencia con el sistema real, alcanzando niveles superiores en la confiabilidad de los resultados obtenidos en las simulaciones.

Los resultados de simulación para un escenario base de la Industria del Software en Colombia, muestran un crecimiento en ventas aproximado del 8% a 10% anual, el cual es considerado bajo, si se compara con el crecimiento de otros países con igualdad en capacidades competitivas y comparativas. Además, inicialmente se muestra una industria dominada por micro y pequeñas empresas, cuya participación en el mercado suman aproximadamente el 90% del total. Al intervenir el sistema por medio de la promoción en la inversión en capacidades de innovación, estabilizan la participación del mercado para las demás categorías de empresas, ganando mayor participación las grandes empresas.

Los niveles de exportación se aumentan debido a los procesos de inversión y acumulación de capacidades, pasando de un valor inicial aproximado al 13% a valores cercanos al 50% al final de la simulación. Los niveles de las capacidades se aumentan de manera consistente con la reinversión anual de capital en estas capacidades, pasando de niveles de 0.10 para la capacidad de I+D en MYPE, a niveles de 0,15, por ejemplo. En general, para todo tipo de empresas, las capacidades de innovación presentan crecimiento moderado debido a los procesos de acumulación y obsolescencia que rigen a estas variables.

Para evaluar el efecto de la inversión de estas capacidades sobre el nivel de ventas, se planearon escenarios de simulación sin inversión en capacidades (Escenario 1) y los valores iniciales de los niveles se consideraron cero (Escenario 1 y Escenario 2). Los resultados de este modelamiento mostraron reducción significativa de las ventas y demás

indicadores de medición de crecimiento industrial, especialmente en el Escenario 1, con diferencia en los valores de ventas desde 30% a 100%, aproximadamente.

Para la evaluación del caso contrario, se planteó el incremento de los niveles de inversión nacional en estas capacidades de innovación, hasta alcanzar los niveles de inversión de referencia. Los resultados de este escenario muestran un crecimiento de los indicadores en un rango de 30% con relación al escenario base; además, se presentan niveles de exportación cercanos al 70% del total de la producción industrial y crecimiento promedio de ventas de 17% anual. Se concluye que este escenario cumple con los objetivos propuestos por el Programa de Transformación Productiva para la Industria del Software como sector de clase mundial, siendo catalogado como un escenario ideal que propicia el crecimiento y expansión de esta industria al mercado exportador.

Este trabajo provee una solución desde la herramienta metodológica a la Industria del Software en Colombia, a través del desarrollo del presente modelo de simulación y la unificación del estado actual de esta industria en el país, por medio de la construcción del estado del arte y marco teórico.

Los resultados del modelo de simulación muestran los efectos de la inversión en capacidades de innovación sobre el nivel de ventas, enfatizando en los beneficios que estas capacidades aportan a las empresas y por ende, al crecimiento económico de la industria.

## **9.2 TRABAJO FUTURO**

La complejidad de la industria y las limitaciones en la medición de datos de entrada a este modelo, se convirtieron en uno de los principales limitantes en el desarrollo de esta investigación. Por esto, se realizaron supuestos con base en criterio de expertos, a través del proceso de validación de la estructura del sistema. Por tanto, el trabajo futuro propuesto como resultado de esta investigación se direcciona hacia los siguientes aspectos:

- La realización de estudios que permitan conocer con certeza el estado actual de la Industria del Software en Colombia, a través de la medición de indicadores

industriales, de manera sistemática y periódica. Además, es necesario el mejoramiento en la contabilización de los productos y servicios de software para contar con cifras que demuestren la realidad de esta industria a nivel nacional.

- La realización de encuestas de innovación que permitan conocer el nivel de inversión y acumulación de las capacidades de innovación tecnológicas para las empresas de software en Colombia, debido a que algunos estudios muestran niveles actuales de estas capacidades, que son considerados por los expertos como sobreestimados, si se comparan con la realidad de las empresas colombianas de software.
- La formulación de políticas públicas en pro de incentivar la atractividad de la inversión en capacidades de innovación para las empresas de software en Colombia. Lo anterior, con el fin de posibilitar la cultura innovadora en las empresas que permita una rápida acumulación de estas capacidades y sus efectos sobre las ventas.
- El desarrollo de estudios donde se plantee a las universidades las necesidades de formación que deben tener los profesionales de la industria del software, considerando el desarrollo de software competitivo y las bases gerenciales y administrativas que permitan el efectivo direccionamiento estratégico de estas empresas.
- Integrar al modelo de simulación desarrollado, características específicas en el modelamiento de la capacidad de I+D, como por ejemplo, el número de empleados con posgrado por cada empresa de cada categoría. Lo anterior, permite una visión más particular del desarrollo de esta capacidad, asociando de igual forma la capacidad de recurso humano a este modelo, el cual, forma parte en alto grado de la capacidad de direccionamiento estratégico.
- Plantear al modelo de simulación desarrollado, cómo afecta la certificación de las empresas a la calidad de los productos, las ventas, participación del mercado y atractividad de la industria. Además, se propone la simulación del comportamiento del número de empresas con certificaciones en calidad, bajo la acción de políticas públicas, como las desarrolladas por COLCIENCIAS, PROEXPORT y SENA en el año 2010.
- Integrar al modelo de simulación presentado, la competencia externa como amenaza al posicionamiento en el mercado de las empresas nacionales de

software, considerando además, la opción de cooperación entre empresas nacionales y multinacionales.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J., Arango, S., Gómez, J., Hernández, I., Lopera, D., Maillane, J., ... Villalba, M. (2012). *Innovación para la Competitividad y el Crecimiento en la Industria Colombiana de Software* (Jorge Robledo Velásquez.). Medellín.
- Aguirre, J. (2010). *Metodología para medir y evaluar las capacidades tecnológicas de innovación aplicando sistemas de lógica difusa caso fábricas de software*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1883/>
- Aguirre, J., Robledo, J., & Pérez, A. . (2009). Metodología para medir y evaluar capacidades tecnológicas de innovación aplicando sistemas de lógica difusa. Presentado en XIII Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica, Cartagena de Indias.
- Álvarez, V., & Lillo, C. (2009). Chile: desarrollo endógeno con proyecciones externas. En *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina*. Colombia: Ed. Mayol e CEPAL. Mayol.
- Andersen, D. F., Richardson, G. P., & Vennix, J. A. (1997). Group model building: adding more science to the craft. *System Dynamics Review*, 13(2), 187–201.
- Arboleda, H. (2005). Modelos de ciclo de vida de desarrollo de software en el contexto de la industria colombiana de software. *ACIS*, 93. Recuperado a partir de <http://www.acis.org.co/index.php?id=551>
- Arora, A., & Gambardella, A. (2004). *The globalization of the software industry: perspectives and opportunities for developed and developing countries*. National Bureau of Economic Research. Recuperado a partir de <http://www.nber.org/papers/w10538>
- Arora, Ashish, & Athreye, S. (2002). The software industry and India's economic development. *Information Economics and Policy*, 14(2), 253–273.
- Arora, Ashish, Gambardella, A., & Klepper, S. (2005). Organizational Capabilities and the Rise of Software Industry in the Emerging Economies: Lessons from the History of some US Industries. *FROM UNDERDOGS TO TIGERS*, 171.

- Arquero, M., & Valqui, R. (2006). *Problem Structuring Methods. Strategic Management: Methods and Models* (Tesis de Maestría). Technical University of Denmark, Copenhagen.
- Athreye, S. S. (2005). The Indian software industry and its evolving service capability. *Industrial and Corporate Change*, 14(3), 393–418.
- Awad, G. (2004). *Diseño de un modelo de incubación de negocios utilizando herramientas de dinámica de sistemas* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Backhaus, J. (2002). The Seventh Chapter Of Schumpeter'S The Theory Of Economic Development Presentation. *Industry and Innovation*, 9(1-2), 91–92.
- Banerjee, D., Khalid, A. M., & Sturm, J.-E. (2005). Socio-economic development and software piracy. An empirical assessment. *Applied Economics*, 37(18), 2091–2097.
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System dynamics review*, 12(3), 183–210.
- Bass, F. (1969). A new-product growth model for consumer durables. *Management Science*, 15, 215-227.
- Benamati, J. «Skip», & Lederer, A. L. (2008). Decision support systems unfrustrated: The root problems of the management of changing IT. *Decision Support Systems*, 45(4), 833-844. doi:10.1016/j.dss.2008.02.003
- Breznitz, D. (2007). Industrial R&D as a national policy: Horizontal technology policies and industry-state co-evolution in the growth of the Israeli software industry. *Research Policy*, 36(9), 1465–1482.
- Business Software Alliance. (2010). 09 Piracy Study. Seventh Annual BSA/IDC Global Software. Recuperado a partir de <http://www.bsa.org/country/Research%20and%20Statistics.aspx>
- Camagni, R. (1991). Introduction: from the local 'milieu' to innovation through cooperation networks. *Innovation networks: spatial perspectives*, 1–9.
- Campo, L. F. C. (2008). Modelos de capacidad y madurez y la industria del software en Colombia. *Generación Digital*, 922322.

- Capaldo, G., Iandoli, L., Raffa, M., & Zollo, G. (2003). The evaluation of innovation capabilities in small software firms: a methodological approach. *Small Business Economics*, 21(4), 343–354.
- Castañeda, J. A. (2009). SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN PARA POTENCIAR LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN ANTIOQUIA. Presentado en XIII Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica, Cartagena de Indias.
- Castellanos, D. Ó. F., Fúquene, M. A. M., & Fonseca, S. L. (2007). Basis for implementing a model of intelligence for strengthening the technological development of the software industry and its associated services in Colombia. Recuperado a partir de <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/14859>
- Costa, I., & de Queiroz, S. R. R. (2002). Foreign direct investment and technological capabilities in Brazilian industry. *Research Policy*, 31(8), 1431–1443.
- Crepon, B., Duguet, E., & Mairessec, J. (1998). Research, Innovation And Productivity [Ty: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Economics of Innovation and new Technology*, 7(2), 115–158.
- Daellenbach, H. G. (2001). Hard OR, soft OR, problem structuring methods, critical systems thinking: a primer. En *Proceedings of the ORSNZ Conference Twenty Naught One, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand*. Recuperado a partir de <https://orsnz.org.nz/conf36/papers/Daellenbach.pdf>
- De Geus, A. P. (1988). *Planning as learning*. Harvard Business Review. Recuperado a partir de <http://www.sims.monash.edu.au/subjects/ims5042/stuff/readings/de%20geus.pdf>
- Drucker, P. F. (1986). *La innovación y el empresariado innovador: la práctica y los principios*. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=207590>
- Dyba, T. (2005). An empirical investigation of the key factors for success in software process improvement. *Software Engineering, IEEE Transactions on*, 31(5), 410–424.
- Dyner, I., Peña, G., & Arango, S. (2008). *Modelamiento para la Simulación de Sistemas Socio-Económicos y Naturales*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- FEDESOFTE. (2006). *Unidad de Inteligencia de Mercados: Descripción del Sector del Software y Análisis de Mercados* (p. 29). Federación Colombiana de la Industria del Software. Recuperado a partir de <http://antiguo.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo1458DocumentNo4146.PDF>
- FEDESOFTE. (2008). *Descripción del sector de software en Colombia*. Federación Colombiana de la Industria del Software. Recuperado a partir de <http://www.fedesoft.org/biblioteca/Colombia>
- FEDESOFTE. (2009). *Sector de TI en Colombia*. Federación Colombiana de la Industria del Software. Recuperado a partir de <http://www.fedesoft.org/biblioteca/Colombia>
- FEDESOFTE. (2011). Sector de TI en Colombia. Recuperado a partir de <http://www.fedesoft.org/biblioteca/Colombia>
- FEDESOFTE. (2012). *Estudio de la Caracterización de Productos y Servicios de la Industria del Software y productos Asociados 2012* (p. 78). Federación Colombiana de la Industria del Software. Recuperado a partir de <http://fedesoft.org/estudio-de-la-caracterizacion-de-productos-y-servicios-asociados-2012/#more-470>
- Forrester, J. W. (1961a). *Industrial dynamics* (Vol. 2). MIT press Cambridge, MA.
- Forrester, J. W. (1961b). *Industrial dynamics* (Vol. 2). MIT press Cambridge, MA. Recuperado a partir de <http://en.scientificcommons.org/37518962>
- Forrester, Jay Wright. (1968). *Market growth as influenced by capital investment*. Industrial Management Review. Recuperado a partir de <ftp://www.clexchange.org/documents/sdintro/marketgrowth.pdf>
- Freeman, C., Clark, J., & Soete, L. (1982). *Unemployment and technical innovation: a study of long waves and economic development*. Frances Pinter London. Recuperado a partir de <http://www.getcited.org/pub/102204701>
- Giarratana, M. S. (2004). The birth of a new industry: entry by start-ups and the drivers of firm growth: the case of encryption software. *Research Policy*, 33(5), 787–806.
- Gómez Rodríguez, M. E. (2011). *Evolución de las capacidades de innovación en la industria colombiana: Un análisis comparativo de los resultados de las encuestas de innovación de*

- 1996 y 2005. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5284/>
- González, I. (2009). Uruguay: Dinámica Estimulada por la Capacitación. En *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina*. Mayol.
- Grant, R. M. (1991). *The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation*. California Management Review, University of California. Recuperado a partir de [http://www.skynet.ie/~karen/Articles/Grant1\\_NB.pdf](http://www.skynet.ie/~karen/Articles/Grant1_NB.pdf)
- Guan, J. C., Yam, R., Mok, C. K., & Ma, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. *European Journal of Operational Research*, 170(3), 971–986.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23(9), 737–747.
- Hätönen, J. (2010). Outsourcing and licensing strategies in small software firms: evolution of strategies and implications for firm growth, internationalisation and innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(5), 609–630.
- Heshusius, K. (2009). COLOMBIA: DESAFÍOS DE UNA INDUSTRIA EN FORMACIÓN. En *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina*. Mayol.
- Hill, C. W. (1994). Diversification and economic performance: Bringing structure and corporate management back into the picture. *Fundamental issues in strategy: A research agenda*, 297–321.
- Hoch, D. J. (2000). *Secrets of software success: Management insights from 100 software firms around the world*. Harvard Business Press. Recuperado a partir de <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=FPMpZ2qMkKwC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Secrets+of+software+success&ots=tdiEYKiJWb&sig=EjkGwhyG578UnAxscP4ymK5E6M4>
- ICEX. (2012). *El Sector Software en Colombia: Informes Sectoriales, Oportunidades de Inversión y Cooperación Empresarial* (p. 104). Santafe de Bogotá, DC.: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá. Recuperado a partir de

[http://www.icex.es/icex/cda/controller/pagelCEX/0,6558,5518394\\_5519172\\_5547593\\_577639\\_0\\_-1,00.html](http://www.icex.es/icex/cda/controller/pagelCEX/0,6558,5518394_5519172_5547593_577639_0_-1,00.html)

IDC. (2010). *Estudios de software y servicios asociados en Colombia*. International Data Corporation. Recuperado a partir de [http://www.idccolombia.com.co/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=3&id=12&Itemid=4](http://www.idccolombia.com.co/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=3&id=12&Itemid=4)

Kearney, A. T. (2004). *Making Offshore Decisions; AT Kearney 'Offshore Location Attractiveness Index'*. AT Kearney, Chicago.

Kim, K. K., Shin, H. K., & Lee, M. H. (2010). The influence of partner knowledge complementarities on the effectiveness of IT outsourcing. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 20(3), 213–233.

Kim, L. (2006). La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización. *La Ciencia y sus Culturas*. Recuperado a partir de <http://www.oei.es/salactsi/limsu.pdf>

Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World development*, 20(2), 165–186.

Lee, T.-L., & von Tunzelmann, N. (2005). A dynamic analytic approach to national innovation systems: The IC industry in Taiwan. *Research Policy*, 34(4), 425–440.

Londoño, L. (2005). Recomendaciones para la Formación de una Empresa de Desarrollo de Software Competitiva en un País como Colombia. *Avances en Sistemas e Informática*, 2(41), 41-52.

Lopera, D., Robledo, J., & Villalba, M. (2012). Contribuciones al Análisis Estratégico de la Industria Colombiana del Software, a partir de la Simulación de Escenarios de Competencia, utilizando Dinámica de Sistemas. En *Innovación para la Competitividad y el Crecimiento en la Industria Colombiana de Software* (Jorge Robledo Velásquez.). Medellín.

López, A., & Ramos, D. (2007). Complementación productiva en la industria del software en los países del Mercosur: impulsando la integración regional para participar en el mercado global. *Swiss Agency for Development and Cooperation–SCD (Suiza)*. Recuperado a partir de <http://swiki->

lifa.info.unlp.edu.ar/prospectiva/uploads/2/Informe%20Final%20Regional%20Complementariedad%20Software.pdf

M'Chirgui, Z. (2009). Dynamics of R&D networked relationships and mergers and acquisitions in the smart card field. *Research Policy*, 38(9), 1453–1467.

Malerba, F. (2007). Innovation and the dynamics and evolution of industries: Progress and challenges. *International Journal of Industrial Organization*, 25(4), 675–699.

Marshall, A. (2005). *Principios de economía*. Síntesis. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=259997>

Martínez, S, Arango, S., & Robledo, J. (2012). Análisis Sistémico de la Industria del Software en Colombia: Identificando el Problema del Crecimiento. *Cuadernos de Administración - Artículo en Revisión*.

Martínez, Sindy, & Arango, S. (2012). Análisis en la Industria del Software en Colombia: Una Mirada a la Inversión en Capacidades de Innovación. En *Evaluación de las Capacidades de Innovación Tecnológica en la Industria del Software en Colombia* (pp. 120-158). Colombia: Todográficas.

Mayer & Bunge Informática LTDA. (2004). Panorama Latinoamericano de la Industria del Software.

McKinsey. (2008). *Desarrollando el sector de TI como uno de Clase Mundial*. Bogotá D.C.

Merchán, L., & Urrea, A. (2007). Caracterización de las Empresas Pertenecientes a la Industria Emergente de Software del Sur Occidente Colombiano Caso Red de Parques PARQUESOFT. *Avances en sistemas e informática*, 4(2), 107–115.

MERCOSUR. (2012). *Informe Semestral de la Secretaría de Mercosur*. Mercados Comun del Sur. Recuperado a partir de [http://www.mercosur.int/t\\_generic.jsp?contentid=3862&site=1&channel=secretaria&seccion=3](http://www.mercosur.int/t_generic.jsp?contentid=3862&site=1&channel=secretaria&seccion=3)

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008). *Desarrollando el sector de TI como uno de clase mundial*.

Ministerio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones. (2009). *Las tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el Bienestar*. Ministerio de Tecnologías de Información

- y las Comunicaciones - República de Colombia. Recuperado a partir de <http://www.mintic.gov.co/>
- Mochi, P., & Hualde, A. (2009). México: producción interna e integración mundial. En *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina*. Mayol.
- Morecroft, J. (2007). *Strategic modelling and business dynamics: a feedback systems approach*. Wiley. Recuperado a partir de [http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=1OiTH90U48C&oi=fnd&pg=PR18&dq=Modeling+and+business+dynamics:+a+feedback+system+approach+&ots=HywUicf2Lo&sig=N5bBD1NwRD44gujxb3\\_DYtlamKE](http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=1OiTH90U48C&oi=fnd&pg=PR18&dq=Modeling+and+business+dynamics:+a+feedback+system+approach+&ots=HywUicf2Lo&sig=N5bBD1NwRD44gujxb3_DYtlamKE)
- Nambisan, S. (2002). Software firm evolution and innovation–orientation. *Journal of Engineering and Technology Management*, 19(2), 141–165.
- Napal, M. (2001). *Una visión Neo Schumpeteriana del Cambio Tecnológico en los países latinoamericanos*. Tesis de Grado. Departamento de Economía. Universidad Nacional del Sur.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Belknap press. Recuperado a partir de [http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=6Kx7s\\_HXxrkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=An+Evolutionary+Theory+of+Economic+Change&ots=7u3XQEG\\_BF&sig=7bFulSMG\\_s1VYv1wtrUKLsMNeZ0](http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=6Kx7s_HXxrkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=An+Evolutionary+Theory+of+Economic+Change&ots=7u3XQEG_BF&sig=7bFulSMG_s1VYv1wtrUKLsMNeZ0)
- OCDE. (2005). Manual de Oslo, Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo. Recuperado a partir de <http://www.finep.gov.be>
- Palomino Zuluaga, K. C. (2011, julio). *Estudio del comportamiento de la industria del software en Colombia ante escenarios de capacidades de innovación y ventajas comparativas por medio de dinámica de sistemas* (masters). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5411/>
- Parkin, M. (2006). *Economía*. Prentice Hall. Recuperado a partir de [http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=31L6QKGRFtEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Econom%C3%ADa+Parkin+&ots=atQ8TbToyE&sig=IAAn3mXGw-qTQNIUo\\_Jmh7z-YzHQ](http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=31L6QKGRFtEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Econom%C3%ADa+Parkin+&ots=atQ8TbToyE&sig=IAAn3mXGw-qTQNIUo_Jmh7z-YzHQ)

- Pérez, A. L., & González, L. (2009). Estudio de la industria del software a nivel internacional, nacional y departamental.
- Pérez Patiño, A. L. (2011). *Crecimiento de firmas de ingreso tardío a mercados de software estandarizado: un enfoque desde la modelación de la difusión competitiva multigeneracional, con efectos de red*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7904/>
- Pérez Patiño, A. L., & Robledo Velásquez, J. (2012). Growth of late entrant firms of the software industry: a model of multigenerational product diffusion with network effects. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (65), 60-73.
- Porter, M. (1991). Toward a Dynamic Theory of Strategic. *Strategic Management Journal*, 12, 95-117.
- PROEXPORT. (2008). *Industria de Tecnologías de Información*. Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones. Recuperado a partir de <http://www.inviertaencolombia.com.co/acerca-de-proexport.html>
- PROEXPORT. (2009). *Invierta en Colombia: trabajo, compromiso e ingenio*. Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones. Recuperado a partir de <http://www.inviertaencolombia.com.co/acerca-de-proexport.html>
- PROEXPORT. (2010a). *Industria de tecnologías de información*. Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones. Recuperado a partir de <http://www.inviertaencolombia.com.co/acerca-de-proexport.html>
- PROEXPORT. (2010b). *Colombia La Transformación de un País: Industria del Software y Servicios TI* (p. 45). Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones. Recuperado a partir de <http://www.inviertaencolombia.com.co/>
- PROEXPORT. (2011). *Colombia: La Transformación de un País- Software y Servicios de Tecnologías de Información (TI)*. Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones. Recuperado a partir de [http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/225\\_Proexport%20%20Software%20y%20Servicios%20de%20TI%20\(Mayo%202011\).pdf](http://www.inviertaencolombia.com.co/Adjuntos/225_Proexport%20%20Software%20y%20Servicios%20de%20TI%20(Mayo%202011).pdf)

- PROEXPORT. (2012). *Colombia as a Destination for IT Services & Software* (p. 66). Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones. Recuperado a partir de <http://www.slideshare.net/investincolombia/it-services-software-industry-opportunities-in-colombia>
- Raffa, M., & Zollo, G. (1998). *Economia del software*. Ed. Scientifiche Italiane.
- Research and markets. (2010). *Chile's software market is projected to be worth US\$ 354 mn in 2010, with high single-digit growth compared with 2009*. Chile. Recuperado a partir de [http://www.researchandmarkets.com/research/9bb18c/chile\\_information](http://www.researchandmarkets.com/research/9bb18c/chile_information)
- Richardson, G., & Andersen, D. (1992). The Rockefeller College of Public Affairs and Policy - Teamwork in Group Model Building. Recuperado a partir de <http://www.albany.edu/~gpr/Teamwork.pdf>
- Robledo, J., Gómez, F., & Restrepo, J. (2009). Relación entre capacidades de innovación tecnológica y el desempeño empresarial y sectorial. *Encuestas, datos y descubrimiento de conocimiento sobre la innovación en Colombia, Bogotá: Javergraf*.
- Robledo, J., & Perez, A. . (2011). Modelo conceptual y aplicativo informático para la evaluación de capacidades de innovación tecnológica en PYMES del sector eléctrico colombiano. Presentado en XIV Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica., Lima, Perú.
- Robledo, J., Perez, A. ., Aguirre, J., Castañeda, J., & Hernandez, I. (2010). *Gestión de las capacidades de innovación tecnológica para la competitividad de las empresas antioqueñas de software* (Jorge Robledo Velásquez.). Medellín.
- Robledo, J. R., & Ceballos, Y. F. (2008). Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. *Cuadernos de Administración*, (035), 127-159.
- Romijn, H., & Albaladejo, M. (2002). Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in southeast England. *Research Policy*, 31(7), 1053–1067.
- Rousseva, R. I. (2007). *Approach for analysing capabilities in latecomer software companies*. United Nations University, Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology. Recuperado a partir de <http://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2007/wp2007-035.pdf>

- Rouwette, E. A., Korzilius, H., Vennix, J. A., & Jacobs, E. (2011). Modeling as persuasion: the impact of group model building on attitudes and behavior. *System Dynamics Review*, 27(1), 1–21.
- Sallstrom, L., Consulting, S., & Damuth, R. (2003). The Critical Role of the Software Industry in Economic Growth: Focus Mexico. Recuperado a partir de <http://www.tralcom.com/noticias/criticalrole.pdf>
- Sands, A. (2005). The Irish software industry. *From underdogs to tigers: The rise and growth of the software industry in Brazil, China, India, Ireland, and Israel*, 41–71.
- Senge, P. M. (1997). The fifth discipline. *Measuring Business Excellence*, 1(3), 46–51.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World with CD-ROM*. McGraw-Hill/Irwin.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509–533.
- Tigre, P. B., & Marques, F. S. (2009). *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina*. Mayol. Recuperado a partir de <http://www.colombiadigital.net/newcd/dmdocuments/Binder1.pdf>
- Tschang, T. (2003). *China's software industry and its implications for India*. OECD. Recuperado a partir de <http://oecdchina.org/OECDpdf/2497604.pdf>
- Universidad EAFIT. (2005). *Plan de formación para fortalecer el proceso de internacionalización de empresas de los diez sectores estratégicos: Sector software*. Centro de Consultorías y Servicios Universidad Eafit.
- Vennix, J., & Forrester, J. (1999). Group model- building: tackling messy problems. *System Dynamics Review*, 17, 379-401.
- Villalba Morales, M. L. (2012, marzo 23). *El papel de las multinacionales en el crecimiento de la industria Colombiana del software: un análisis sistémico desde la perspectiva de las capacidades de innovación tecnológica* (masters). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/6157/>

- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28(6), 349–363.
- WITSA. (2006). Digital Planet 2006: The Global Information Economy. World Information Technology and Service Alliance.
- Wu, C., Zeng, D., & Chen, Y. (2010). Modeling and simulation of high-tech enterprises innovation networks using system dynamics. *System Engineering Theory and Practice*, 30(4), 587-593.
- Yam, R., Guan, J. C., Pun, K. F., & Tang, E. P. (2004). An audit of technological innovation capabilities in Chinese firms: some empirical findings in Beijing, China. *Research policy*, 33(8), 1123–1140.

## A. ANEXO 1: Valores Iniciales del Modelo

Variable	Definición	Empresas MYPE	Empresas ME	Empresas Ge	Fuente/Referencia
Valores Capacidad I&D	Valores iniciales de capacidad, con relación a estudios y EDIT II	0,1	0,2	0,35	Adaptado de Aguirre (2010, P.59) y Palomino (2011, P.88)
Valores Capacidad Mercadeo	Valores iniciales de capacidad, con relación a estudios y EDIT II	0,2	0,25	0,5	Adaptado de Aguirre (2010, P.59) y Palomino (2011, P.88)
Valores Capacidad Direccionamiento Estratégico	Valores iniciales de capacidad, con relación a estudios y EDIT II	0,2	0,3	0,4	Adaptado de Aguirre (2010, P.59) y Palomino (2011, P.88)
Peso Capacidad I&D	Indica como distribuyen las empresas el capital disponible para invertir en las capacidades de innovación	30,77%	34,48%	34,48%	Adaptado de Aguirre ( 2010, P.59) y Villalba (2012, P. 116)
Peso Capacidad Mercadeo	Indica como distribuyen las empresas el capital disponible para invertir en las capacidades de innovación	30,77%	31,03%	31,03%	Adaptado de Aguirre ( 2010, P.59) y Villalba (2012, P. 116)
Peso Capacidad Direccionamiento Estratégico	Indica como distribuyen las empresas el capital disponible para invertir en las capacidades de innovación	38,46%	34,48%	34,48%	Adaptado de Aguirre ( 2010, P.59) y Villalba (2012, P. 116)
Inversión Capacidad I&D	Establece un valor promedio de inversión de las empresas en esta capacidad	10,00%	14%	30,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos

Inversión Capacidad I&D_Referencia	Establece un valor promedio de referencia de la inversión que realizan las empresas en esta capacidad	20,00%	30%	40,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
Inversión Capacidad Mercadeo	Establece un valor promedio de inversión de las empresas en esta capacidad	8,00%	10,00%	20,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
Inversión Capacidad Mercadeo_Referencia	Establece un valor promedio de referencia de la inversión que realizan las empresas en esta capacidad	20,00%	20,00%	30,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
Inversión Capacidad Direccionamiento Estratégico	Establece un valor promedio de inversión de las empresas en esta capacidad	12,00%	13,00%	25,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
Inversión Capacidad Direccionamiento Estratégico_Referencia	Establece un valor promedio de referencia de la inversión que realizan las empresas en esta capacidad	20,00%	30,00%	30,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
Tasa Normal de Crecimiento I&D	Hace referencia al valor de crecimiento promedio de la capacidad. Se pueden tomar algunos valores de referencias de pruebas y de otros estudios	6,00%	10,00%	13,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos. Corridas de simulación y cuadros comparativos en MYPE, ME y GE
Tasa Normal de Crecimiento Mercadeo	Hace referencia al valor de crecimiento promedio de la capacidad. Se pueden tomar algunos valores de referencias de pruebas y de otros estudios	4,00%	10,00%	13,00%	Propuesto por el autor. Criterio de expertos. Villalba y Palomino
Tasa Normal de Crecimiento Direccionamiento Estratégico	Hace referencia al valor de crecimiento promedio de la capacidad. Se pueden tomar algunos valores de referencias de pruebas y de otros estudios	4,00%	12,00%	12,00%	Propuesto por el autor con base en Villalba (2012) y Palomino (2011). Ajuste con Criterio de expertos.

Factor K Capacidad I&D	Factor de sensibilidad del cambio de la capacidad de la inversión real relativa a la inversión de referencia. Se considera como un número adimensional entre 0 y 1	0,50	0,40	0,30	Propuesto por el autor.
Factor K Capacidad Mercadeo	Factor de sensibilidad del cambio de la capacidad de la inversión real relativa a la inversión de referencia. Se considera como un número adimensional entre 0 y 1	0,50	0,40	0,10	Propuesto por el autor.
Factor K Capacidad Direccionamiento Estratégico	Factor de sensibilidad del cambio de la capacidad de la inversión real relativa a la inversión de referencia. Se considera como un número adimensional entre 0 y 1	0,50	0,40	0,10	Propuesto por el autor.
Tiempo de Aprendizaje Capacidad	Puede variar en relación con la capacidad y tipo de empresa. Se plantea inicialmente como valor de referencia 1 año	1	1	1	Adaptado de Villalba ( 2012, P.118)
Tiempo de Obsolescencia Capacidad	Se mejora y se desarrolla retardo de primer orden. El valor de la obsolescencia depende de la capacidad y tipo de empresa. Se carecen de datos, entonces se supone con relación a valores iniciales de capacidades/empresas: tiempo promedio de vida útil de un producto de software	3	3	3	Adaptado de Villalba ( 2012, P.118)
Productos Iniciales	Se calcula un valor aproximados de productos de software en el mercado (1446 al 2010) y con base en los % de participación del mercado de las empresas, se pondera porcentualmente	1390	50	6	ICEX (2012) y Proexport (2011;2012)

Tiempo de Desarrollo de Productos	Se estima con base a la capacidades de fabricación de cada tipo de empresa y se calcula con el tiempo promedio estimado para desarrollo de productos de software (12 a 18 meses)	1,5	1,3	1,1	Adaptado porcentualmente de Aguirre(2010, P.59), Palomino ( 2011, P.50), Villalba ( 2012, P.47), Proexport (2011;2012) y Fedesoft (2008)
Capacidad de Fabricación	No se modela, pero se consideran los valores para cada tipo de empresa de estudios anteriores	0,5	0,65	0,83	Adaptado porcentualmente de Aguirre(2010, P.59), Palomino ( 2011, P.50), Villalba ( 2012, P.47), Proexport (2011;2012) y Fedesoft (2008)
Capacidad de Fabricación (%/empresas)	Calculado con base en los valores de la capacidad para cada tipo de empresa	25%	33%	42%	Adaptado porcentualmente de Aguirre(2010, P.59), Palomino ( 2011, P.50), Villalba ( 2012, P.47), Proexport (2011;2012) y Fedesoft (2008)
Tiempo de Obsolescencia de Productos	Se estima con base a la capacidad de fabricación de cada tipo de empresa y se calcula con el tiempo promedio estimado de obsolescencia de los productos. Se parte de la premisa de que a mayor capacidad de fabricación, se puede tener productos con mayor vida útil. Tiempo estimado para productos de software (24 a 36 meses)	2	2	3	Adaptado porcentualmente de Aguirre(2010, P.59), Palomino ( 2011, P.50), Villalba ( 2012, P.47), Proexport (2011;2012) y Fedesoft (2008)
Número Promedio de Productos	Se parte del valor propuesto como número inicial de productos (2010) y se realizan cálculos que involucran la capacidad de fabricación de las empresas y el % de participación en el mercado (número de empresas), encontrando un valor aproximado para esta constante	1	3	5	Adaptado porcentualmente de Aguirre(2010, P.59), Palomino ( 2011, P.50), Villalba ( 2012, P.47), Proexport (2011;2012), Icxex (2012) y Fedesoft (2008)

Precio Promedio de Productos	Como valor promedio se estiman valores entre 100 y 230 mil dólares. Se pondera considerando la capacidad de fabricación de las empresas. Valores en Millones de Dólares	0,12	0,3	0,5	Villalba (2012, P.116)
Empresas	Se calculan con el número total de empresas (2010) y el porcentaje de participación de las mismas	672	51	7	ICEX(2012), Proexport (2010;2011;2012)
Tiempo de Aprendizaje Empresas	Se considera como el tiempo promedio para la creación y entrada de una empresa al mercado. Este valor depende del tipo de empresa a formar, puesto que una empresa pequeña requiere mayor tiempo de aprendizaje que una grande	1,2	1	0,8	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
Tiempo de Obsolescencia de Empresas	Hacer referencia al tiempo promedio de duración de una empresa en el mercado. Está relacionada con la inversión en capacidades de innovación. De acuerdo a la literatura, las MYPES tienen una menor vida útil que las ME y GE, éstas últimas con mayor duración y madurez en el mercado	1,5	5	10	Propuesto por el autor. Criterio de expertos
% Exportación Empresas	No existen valores reales acerca del % de exportación de las empresas se software. Pero existen valores estimados de otros estudios, que definen los niveles de exportación de acuerdo a la evaluación de acumulación de capacidades de innovación, categorizando empresas en nivel bajo, medio y alto.	10%	30%	90%	Tomado de Aguirre (2010, P.59)

<p>%Exportación/Ventas Totales Industria</p>	<p>No se tiene claridad en que datos utilizar, puesto que al calcular el % exportación/ventas, según ICEX debe dar 27,3%. Para Proexport, este valor corresponde a 5.7%. Los cálculos preliminares realizados en el modelo muestran un valor de 12,36% al nivel inicial (2010)</p>	<p>Los resultados muestran valor intermedio entre los valores de referencia de las dos fuentes analizadas: 13%</p>			<p>Icex (2012); (Proexport, 2011; 2012)</p>
<p>% Capital Inversión</p>	<p>Hace referencia al % de capital que las empresas invierten en capacidades de innovación. Se considera capital libre (beneficios), destinados a reinversión. Se supone que las empresas grandes pueden tener mayor musculo financiero que les permita invertir mayor porcentaje, con relación a las demás.</p>	<p>15%</p>	<p>30%</p>	<p>50%</p>	<p>Propuesto por el autor. Basado en Icex (2012, P.40)</p>
<p>% Capital Inversión Referencia</p>	<p>Hace referencia al % de inversión de las ventas referencia. Esto se establece para normalizar las inversiones y de igual forma las variables de capacidades, impidiendo el crecimiento acelerado de las variables. Además, establece una relación comparativa con empresas de altos niveles de ventas y de acumulación de capacidades de innovación.</p>	<p>20%</p>	<p>40%</p>	<p>60%</p>	<p>Propuesto por el autor. Basado en Icex (2012, P.40)</p>
<p>% Participación en el Mercado - Empresas</p>	<p>De acuerdo a información proporcionada por Proexport (2010;2011;2012), se establece los niveles de participación en el mercado por cada tipo de empresa</p>	<p>92%</p>	<p>7%</p>	<p>1%</p>	<p>Proexport (2010; 2011; 2012)</p>

<p>%Participación en el Mercado_Calculada Modelo</p>	<p>De acuerdo a los niveles de productos, empresas y número promedio de productos desarrollados por cada tipo de empresa, el modelo calcula los valores iniciales de %Participación en el mercado, los cuales son bastante próximos a los que reporta la literatura</p>	<p>91,85%</p>	<p>6,92%</p>	<p>1,22%</p>	<p>Evaluación realizada por el autor: Resultados Simulaciones Preliminares</p>
<p>% Atractividad Industria - Crecimiento Empresas</p>	<p>Estos valores forman parte de ecuaciones que pretenden modelar la atractividad de la industria, reflejada en el ingreso de empresas e incremento del nivel de competencia en la industria nacional. Para su cálculo de utiliza la variable de ventas y ventas referencia para cada tipo de empresas. Se toman diferentes valores para los parámetros, de acuerdo a las relaciones de razón entre las variables que involucran las ventas.</p>	<p>3% - 5% - 8%</p>			<p>Propuesto por el autor.</p>
<p>Ventas Totales Referencia</p>	<p>Proexport categoriza el tamaño de las empresas, de acuerdo a los niveles de facturación promedio. En esta clasificación se toman intervalos para las empresas pequeñas y las grandes, por lo que para las empresas medianas, se toma un valor intermedio en Millones de Dólares</p>	<p>350</p>	<p>600</p>	<p>800</p>	<p>Proexport (2011; P.12). Ajustes propuestos por el autor</p>