



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN

**OPCIONES REALES Y TEORÍA FUZZY: DESARROLLO DE UN
MODELO DE VALUACIÓN DE INVERSIONES EN TECNOLOGÍA DE
LA INFORMACIÓN**

Lic. Carlos Alberto Vidal

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2014

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magíster en Administración, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Ciencias de la Administración durante el período comprendido entre el 29/03/2011 y el 13 de agosto de 2014, bajo la dirección del Dr. Gastón Silverio Milanesi.

Carlos Alberto Vidal



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el .../.../....., mereciendo la calificación de
.....(.....)

DEDICATORIA

Este trabajo de Tesis va dedicado a mi esposa Victoria y mis hijas Felicitas y Josefina, a las cuales agradezco su gran amor, apoyo y aliento prestado a lo largo de la investigación y la comprensión por momentos sustraídos a la vida familiar.

A mi padre, Horacio, que me acompaña e ilumina en todo momento desde el cielo.

A mi madre, Elda Rosa, que con su esfuerzo, preocupación y cariño, me apoya, alienta para seguir adelante, y dar todo el profesionalismo en nuestras actividades.

AGRADECIMIENTOS

Inmenso sentimiento de gratitud hacia el Dr. Gastón Milanesi, por su orientación, y sabios conocimientos por asesorarme en el desarrollo de este proyecto.

A la Sra Decana, Mg. (Cra.) Regina Durán, y la Secretaria Académica, Mg.(Cra.) Diana E. Albanese por su apoyo y colaboración para alcanzar mis metas.

A los profesores que impartieron cada uno de los cursos de la Maestría en Administración que me permitieron aprender, crecer y desarrollarme profesionalmente.

A la organización participante de esta investigación, administradores y empleados que, abrieron sus puertas, a colaborar en este estudio.

RESUMEN

La Tecnología de la Información (TI) es considerada una herramienta relevante para obtener ventajas competitivas, lo que ha motivado a las empresas a realizar inversiones cada vez más en tecnología. Sin embargo, el volumen y la variedad de las inversiones en TI requieren nuevas herramientas y técnicas para ayudar a los administradores en el proceso de evaluación de esta tipología de inversiones caracterizadas por su alto contenido de activos intangibles. En primer lugar esta tesis describe cuál es la percepción que tienen el empresario y profesional contador respecto de las inversiones en TI; y en segundo lugar, propone un modelo para evaluar proyectos de inversión en tecnología de la información (TI) cuando no existen activos financieros comparables y la información es ambigua. El modelo propuesto de valoración específico para las inversiones en TI permite contemplar la flexibilidad e incertidumbre, y se presenta como herramienta para el análisis estratégico de inversiones utilizando un esquema de posibilidad que aplica matemáticas borrosas y distribuciones triangulares.

ABSTRACT

The Information Technology (IT) is considered a relevant tool for competitive advantage, which has motivated companies to invest increasingly in technology. However, the volume and variety of IT investments require new tools and techniques to help managers in the process of evaluating this type of investments characterized by its high content of intangible assets. In first place the present thesis describes the kind of perception that entrepreneur and accountant have regarding with IT investment; and secondly proposes a model for evaluating investment projects in information technology (IT) in the absence of comparable financial assets and the information is ambiguous. The proposed assessment for specific IT investments contemplate model allows flexibility and uncertainty, and is presented as a tool for strategic investment analysis using a scheme that applies fuzzy math ability and triangular distributions.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Objetivo	3
1.3. Justificación	4
1.4. Organización de la tesis	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN	6
2.1.1. Importancia de SI/TI para la organización	6
2.1.2. Relación entre las estrategias de TI, SI y de la organización	9
2.1.3. Importancia de TI para la estrategia organizacional	11
2.1.4. Tecnología de la Información y Comunicación en América Latina	13
2.1.4.1. Las TIC en empresas de América Latina	16
2.1.5. Tecnología de la Información y Comunicación en la Argentina	20
2.1.5.1. Las TIC en empresas de Argentina	21
2.1.6. Gestión de Inversiones en TI	26
2.2. LÓGICA BORROSA	28
2.2.1. Distinción entre probabilidad y posibilidad	28
2.2.2. Caracterización de la Lógica Borrosa	30
2.2.3. Tratamiento matemático de la Lógica Borrosa	30
2.2.3.1. Conjuntos Borrosos	30
2.2.3.2. Igualdad e Inclusión de Subconjuntos Borrosos	32
2.2.3.3. Operaciones con Subconjuntos Borrosos	32
2.2.3.4. Números Borrosos Triangulares	34
2.2.3.5. Intervalos α -cortes	35
2.3. MODELOS DE VALUACIÓN. OPCIONES REALES	38
2.3.1. El Concepto de Valuación de Empresas y la Flexibilidad Estratégica	38
2.3.2. OPCIONES REALES	42
2.3.2.1. La Teoría De Opciones Reales. Introducción	42
2.3.2.2. Inversión en TI y Opciones Reales: Probabilística y Borrosa	44
2.3.2.3. Clasificación de los Modelos Probabilísticos y Borrosos de Opciones Reales	46
A - Modelos Probabilísticos	47
B - Modelos Borrosos (Fuzzy)	48

2.4. MODELO PROPUESTO: MODELO BINOMIAL BORROSO	49
2.4.1. Descripción del modelo	49
3. MARCO METODOLÓGICO	54
3.1. Estrategia de la investigación	54
3.2. Diseño de la investigación	55
3.3. Elaboración del instrumento	56
3.4. Elección del modelo	56
3.5. Fuentes de los datos	57
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	58
4.1. Análisis de la percepción empresarial respecto de TI y forma de valuaciones de inversiones en TI por los profesionales del área contable	58
4.1.1 Características de la muestra	58
4.1.2. Análisis de la percepción empresarial	58
4.1.3. Análisis de la forma de valuar inversiones en TI por profesionales del área contable	62
4.2. Estudio de Caso	64
4.2.1. Contexto Organizacional	64
4.2.2. Función de la Tecnología de la Información	65
4.2.3. Gestión de la Tecnología de la Información	66
4.2.4. Desarrollo del Caso	67
5. CONCLUSIONES Y APORTES	73
5.1 Conclusiones	73
5.2. Aportes	75
6. BIBLIOGRAFÍA	76
7. ANEXOS	83
7.1. Anexo 1 - Evaluar la inversión en Tecnología de la Información – Empresario	83
7.2. Anexo 2 - Valuar la inversión en Tecnología de la Información – Profesional Contable	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. La cadena de valor. Adaptado de Porter	7
Figura 2.2. Relación entre las estrategias de negocio, SI y TI	9
Figura 2.3. América Latina, Caribe, OCDE: Índice de Desarrollo de TIC, 2002- 2011	13
Figura 2.4. América Latina y Caribe vs. OCDE: evolución brecha digital, 2000-2011	14
Figura 2.5. Relación calidad banda ancha fija y tarifas, julio-agosto 2012	16
Figura 2.6. Etapas de incorporación de las TIC en empresas	18
Figura 2.7. Existencia de sistemas empresariales. Total de empresas 2010	24
Figura 2.8. Conjunto borroso A	31
Figura 2.9. Unión del subconjunto borroso A y del subconjunto borroso B	33
Figura 2.10. Intersección del subconjunto borroso A y del subconjunto borroso B	33
Figura 2.11. Complemento del subconjunto borroso A	34
Figura 2.12. Números borrosos triangulares	35
Figura 2.13. Ejemplo de α -cortes de un número borroso triangular	36
Figura 2.14. Matriz métodos de valuación valores y flexibilidad	41
Figura 2.15. Modelos de valoración de opciones probabilístico y borrosos	46
Figura 4.1. Valoración del empresario en cuanto a la realización de inversiones en TI	59
Figura 4.2. Ventajas de invertir en TI	60
Figura 4.3. Fuentes de decisión para invertir en TI	60
Figura 4.4. Criterio económico para invertir en TI	61
Figura 4.5. Uso de métodos formales para ayudar a tomar decisiones de inversión TI	61
Figura 4.6. Consideración de invertir en TI	62
Figura 4.7. Valor de incorporación en el patrimonio del activo intangible	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Empresas que cuentan con TIC básicas, 2010	21
Tabla 2.2. Empresas que cuentan con Intranet y comercian electrónicamente, 2009	22
Tabla 2.3. Empresas que utilizan herramientas de e-banking y e-government, 2010	23
Tabla 2.4. Empresas que cuentan con sistemas corporativos según categorías, 2010	24
Tabla 2.5. Escalas semánticas	37
Tabla 4.1. Flujo de fondos proyectados y valor actual neto	67
Tabla 4.2. Parámetros modelo binomial	68
Tabla 4.3. Parámetros modelo binomial fuzzy	68
Tabla 4.4. Rejilla binomial borrosa proyección valor del proyecto neto flujo de fondos del período	69
Tabla 4.5. Rejilla binomial borrosa proyección flujo de fondos	70
Tabla 4.6. Rejilla binomial borrosa valor de las opciones reales	71
Tabla 4.7. Valor de la opción real $t=5$ para el nodo borroso y decisión a ser adoptada	72

1. INTRODUCCION

1.1. Descripción del problema

En el actual contexto de negocios la contribución de la Tecnología de la Información (TI) se considera una fuente clave de ventaja competitiva. La Tecnología de la Información constituye una parte importante de los costos de una empresa, pero al mismo tiempo tiene el potencial de brindar grandes oportunidades. En los últimos años su rol se ha desplazado de proveedor de tecnología a una unidad estratégica del negocio.

Las inversiones en TI no solo brindan beneficios, sino que están expuestas a múltiples fuentes de riesgos, por lo que esta situación puede conllevar a costos excesivos, al no cumplimiento de las fechas pactadas, o al fracaso de un proyecto. Desde la perspectiva del negocio, el riesgo aparece cuando las empresas tienen que tomar decisiones en un escenario que se caracteriza por su importante dinamismo e incertidumbre.

Existen varias razones que contribuyen a la incertidumbre. En primer lugar, las estimaciones de beneficios, costos y riesgos están sujetos a la incertidumbre, sobre todo en el caso de proyectos de TI en los cuales es muy difícil poder comparar proyectos dado el carácter parcial o incompleto de la información que se dispone de cada proyecto. En segundo lugar, tanto en la concepción inicial como durante el desarrollo de un proyecto de TI, es necesario evaluar diferentes alternativas de diseño, tercerización de servicios, y cada alternativa puede tener un gran impacto en los beneficios, riesgos y costos.

En consecuencia, para evaluar proyectos de inversión tecnológicos resulta imprescindible utilizar métodos que permitan incorporar la flexibilidad e incertidumbre. Es decir, la evaluación de proyectos de inversión necesita contar con métodos que ayuden a capturar los beneficios de las oportunidades o reaccionen atenuando posibles pérdidas, especialmente cuando el escenario es incierto, dinámico y complejo. En materia de valuación, en particular en el campo de la Teoría de Opciones Reales, la aplicación del modelo de opciones reales requiere verificar la condición de mercados completos, eficientes y perfectos que permitan trabajar con activos financieros gemelos, carteras réplicas y argumentos de arbitraje. (Wang & Halal, 2010).

Los modelos de valoración financiera y en particular los modelos de opciones reales son originalmente planteados en términos probabilísticos (probabilidad). En los últimos años ha surgido una corriente de modelos de valoración de opciones que hace uso de la matemática borrosa (*fuzzy sets*). Los modelos probabilísticos definen grados de incertidumbre (Landro A. , 2010), a diferencia de los modelos borrosos, que se caracterizan por emplear escalas semánticas que definen niveles de ambigüedad-vaguedad en términos de posibilidades; adecuado para situaciones donde la falta de información transforma un panorama incierto en ambiguo (Fornero R. , 2012). La lógica borrosa aplicada a los modelos de valuación permite complementar el enfoque de valuación probabilística, trabajando en el marco de la posibilidad, tal vez más propicio desde el punto de vista semántico para la toma de decisiones empresariales (Kinnunen, 2010). Paralelamente los modelos de valoración de opciones borrosos permiten capturar el sesgo positivo propio del potencial valor correspondiente de la flexibilidad estratégica (Carlsson & Fuller, 2001).

1.2. Objetivo

La investigación pretende determinar la percepción de la inversión en TI y proponer un modelo de valoración específico para esta tipología de inversión. Los objetivos de la tesis son:

- a. Determinar la percepción de los empresarios y profesionales respecto de la inversión en TI.
- b. Proponer un modelo para evaluar proyectos de inversión en tecnología de la información (TI) cuando no existen activos financieros comparables y la información es ambigua, complementando el modelo binomial probabilístico con su versión binomial borrosa (*fuzzy*).

Como consecuencia de lo expuesto, se desprenden los siguientes sub-objetivos:

- Revisión de la literatura vinculada con TI y de los modelos de valuación de opciones reales. En este caso se clasificarán en probabilísticos – borrosos según el tratamiento de la incertidumbre-ambigüedad. Se pretende elaborar un marco teórico específico para inversiones en TI vinculado a la valoración de proyectos tecnológicos y flexibilidad estratégica de los mismos.
- Relevar la percepción que tienen los empresarios, profesionales contables y de sistemas respecto de las inversiones en TI y qué modelos emplean para valorar las inversiones en tecnologías.
- Proponer un modelo de valuación de inversiones que contemple la ambigüedad, característica de los proyectos tecnológicos, utilizando matemática borrosa (*fuzzy*).

1.3. Justificación

Los profundos cambios que, en las últimas décadas, ha sufrido el entorno económico, político y social, resultando cada vez más competitivo y globalizado, han modificado el desarrollo tradicional de la actividad productiva.

La alta competitividad asociada a un mayor nivel de globalización ha venido diseñando una nueva realidad llena de incertidumbres y retos, caracterizada por la aparición permanente de nueva tecnología.

En estas circunstancias, es relevante considerar como la empresa incorpora dicha tecnología y qué métodos utiliza para evaluar inversiones dadas las particularidades de los proyectos tecnológicos.

La ausencia de visión clara y métodos formales apropiados en cuestiones relativas a las inversiones en TI es una causa fundamental de fracaso de los proyectos. Por consiguiente, la realización del presente trabajo pretende contribuir con información útil a las empresas presentando un método para evaluar proyectos de inversión en tecnologías de información. El mismo utiliza un modelo capaz de llevar a los responsables de los proyectos de TI y otras partes interesadas de la alta dirección a una mayor comprensión sobre la evaluación de proyectos de inversión, con el fin de ayudar a la toma de decisiones acerca de las inversiones que puedan resultar más rentables para la empresa.

El resultado que se obtenga de la evaluación del proyecto de inversión servirá a la empresa para:

1. Facilitar el proceso de toma de decisión utilizando un método de evaluación sobre la conveniencia o no de la inversión en el proyecto.
2. Reducir el nivel de incertidumbre con respecto al comportamiento futuro en el tiempo proyectado.
3. Aportar soluciones prácticas a los problemas que enfrenta la firma para identificar y valorar inversiones en TI.

1.4. Organización de la tesis

El trabajo de investigación que se presenta, consta de las secciones que se detallan a continuación.

La sección 1, INTRODUCCIÓN, realiza una descripción que expone la temática de esta investigación, presenta los objetivos del estudio y justifica el mismo indicando las motivaciones y realidades que son causa del mismo.

La sección 2, MARCO Teórico, recopila los antecedentes teóricos que sirven de base para definir el marco y entorno del objeto de estudio. Son recopilar entre otros los siguientes temas:

- Tecnología de la información
- Lógica Borrosa
- Clasificación en probabilístico y borroso usando los métodos de valuación aplicando Opciones Reales
- Desarrollo del modelo propuesto: Modelo Binomial Borroso.

La sección 3, MARCO METODOLÓGICO, describe la metodología empleada en la investigación, así como, los métodos de recolección y análisis de datos

La sección 4, ANÁLISIS DE RESULTADOS, presenta los resultados obtenidos derivados de la aplicación del modelo propuesto.

Finalmente, en la sección 5, CONCLUSIONES, se recogen las conclusiones obtenidas tras el proceso de investigación en relación al modelo propuesto y a su vez se reflexiona sobre la importancia que supone este estudio para empresas que enfrentan nuevos proyectos tecnológicos, empresas de base tecnológica, o nuevas empresas en etapa de crecimiento. Por último, se proponen futuras líneas de investigación que puedan derivarse del trabajo actual.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

2.1.1. Importancia de SI/TI para la organización

Ward y Peppard (2002) distinguen entre TI (Tecnología de la Información) y SI (Sistemas de Información), indicando que TI se refiere específicamente a la tecnología, esencialmente, hardware, software y redes. Mientras SI se refiere a los medios que las personas y organizaciones emplean, con utilización de la tecnología, para adquirir, procesar, almacenar y compartir información. Sin embargo, los autores reconocen que estos términos se suelen utilizar indistintamente.

Entre las razones que indican que TI merece especial atención Weill y Ross (2004) citan:

- TI es costosa: La inversión en TI absorbe más del 50% del capital total anual en muchas empresas.
- TI es abarcativa: el gasto en TI de hoy se origina en todas las áreas de la empresa.
- Las nuevas tecnologías de la información crean nuevas oportunidades de negocio: los servicios web, la tecnología móvil y los sistemas empresariales generan oportunidades y amenazas estratégicas.
- El valor de TI depende de algo más que una buena tecnología: las organizaciones deben prepararse para aplicar eficazmente las nuevas tecnologías, porque si no lo hacen la mayoría de los proyectos de TI fracasarán debido a la incapacidad de la organización en adoptar nuevos procesos.

Antes del empleo de computadoras, el índice de ineficiencia en la gestión de la cadena de suministro de las organizaciones era muy elevado, lo que llevó a la búsqueda de soluciones informatizadas. La gestión de la cadena de suministro se ha vuelto más compleja debido a la aplicación de nuevas prácticas como el concepto de cadena de suministro creada en base a órdenes (BOSC – Build to Order Supply Chain) que se hizo popular después de su exitoso despliegue en equipos Dell. El BOSC busca entregar al cliente un producto que no está en el estante en el momento de su solicitud (Gunasekaran, Ngai, & McGaughey, 2006).

Tomando este razonamiento al extremo, el cliente puede solicitar un producto con tal grado de personalización que el producto o parte de él, ni siquiera pueden estar diseñados. BOSC, como estrategia, puede ser entendida como una cadena de valor que ofrece productos o servicios sobre la base de los requisitos individuales de los clientes (Gunasekaran, Ngai, & McGaughey, 2006).

El concepto de cadena de valor propuesto por Porter (2008) considera que una empresa puede tener sus actividades clasificadas por relevancia estratégica que permite una mejor comprensión del comportamiento de los costos y el potencial de diferenciación. Por lo tanto, la empresa obtiene una ventaja competitiva mediante la realización de estas actividades estratégicamente importantes al costo más bajo posible, o aún mejor, con costos más bajos que la competencia. Añadir valor a un producto, por lo tanto, consiste en la realización de una o más actividades (primarias y/o de apoyo) a un costo más bajo o a una mejor manera que los competidores. El concepto de cadena de valor se ilustra en la figura 2.1:



Figura 2.1 - La cadena de valor. Adaptado de Porter (2008, p.80).

La cadena de valor de una empresa integra una red más amplia de actividades que Porter (2008) denomina sistema de valores. La comprensión de este valor del sistema le permite crear y mantener una ventaja competitiva sostenible para la aplicación de las tecnologías de la información (Turban, McClean, & Wetherbe, 2004). Dada la creciente complejidad de las relaciones económicas internacionales en un entorno de mercado altamente competitivo, es poco probable que una empresa tenga capacidad suficiente para dominar todas las actividades de la cadena de valor. Por lo tanto, las alianzas estratégicas compensan las brechas de competencia ya que la compañía tiene en toda su cadena actividades compartidas con otras empresas que agregan más valor a su producto (Oliveira, 2007).

El aumento de la competencia, el resultado de la estabilidad política y las oportunidades que ofrece Internet y las telecomunicaciones, a menudo se ha presentado como un beneficio para las organizaciones. El éxito de las organizaciones empresariales que operan en un entorno competitivo dependen de la alineación perfecta entre los sistemas de información y la estrategia general del negocio (Turban, McClean, & Wetherbe, 2004).

Porter (2008) resume la evolución de la tecnología de la información en las empresas en cinco etapas superpuestas, cada una habiendo evolucionado bajo el impulso de las restricciones presentadas por las generaciones anteriores. Los primeros sistemas de tecnología de la información automatizaban transacciones individuales, tales como la entrada de pedidos y la contabilidad. La siguiente fase consistió en la automatización más amplia y mejora funcional de actividades específicas, como la gestión de recursos humanos, operaciones, personal de ventas y diseño de productos. La tercera etapa, que ha sido acelerada por Internet, hace hincapié en la integración funcional entre las ventas y el procesamiento de pedidos. Varias actividades están conectadas a través de herramientas como la gestión de relaciones con los clientes (CRM), administración de la cadena de suministro (SCM) y los sistemas de gestión empresarial (ERP). La cuarta etapa permite la integración de cada cadena de valor con todo el sistema de valores, que abarca proveedores, canales y clientes. El SCM y CRM están empezando a fusionarse, como aplicaciones con la participación clientes, canales y proveedores que se conectan con las actividades de compra, fabricación y servicios. En la siguiente etapa la tecnología de la información no solo será utilizada para conectarse a sistemas que generen valor, sino también para optimizar el desempeño de la organización en tiempo real. La revolución informática y de Internet continúa sin disminuir la velocidad. Incluso las industrias más estables, tales como bancos y compañías de seguros tienen que invertir constantemente en nuevas infraestructuras de TI para mantenerse al día con el aumento de la demanda y de la competencia (Shenhar & Dvir, 2007), y caminar en la dirección de economía en red tal como es definido por Applegate L, Austin R. & McFarlan F. (2003).

2.1.2. Relación entre las estrategias de TI, SI y de la organización

Ward y Peppard (2002) indican que la contribución y el beneficio que proporciona SI/TI (Sistemas de Información/Tecnología de la Información) a las organizaciones se ha vuelto más significativo, por lo tanto el nivel de participación de la administración ha avanzado hasta el nivel ejecutivo.

Centrarse en la tecnología en sí misma no conduce a la aplicación de una estrategia exitosa manifiestan Ward y Peppard. Estos autores sugieren que la forma más eficaz de lograr beneficios estratégicos de SI/TI es concentrándose en el replanteamiento de la organización mediante el análisis de los problemas actuales de la organización y el cambio del entorno, y teniendo en cuenta a TI como una parte de la solución. Destacan que una distinción debe hacerse entre la estrategia de SI y la estrategia de TI. Sugieren que la estrategia de SI se refiere a los sistemas de información requeridos por la organización, es decir el “que”, mientras que la estrategia de TI tiene que ver con tecnología, infraestructura y conocimientos de los recursos humanos, por lo tanto tiene que ver con el “cómo”. Esta relación es ilustrada por Ward y Peppard (2002) en la figura 2.2.

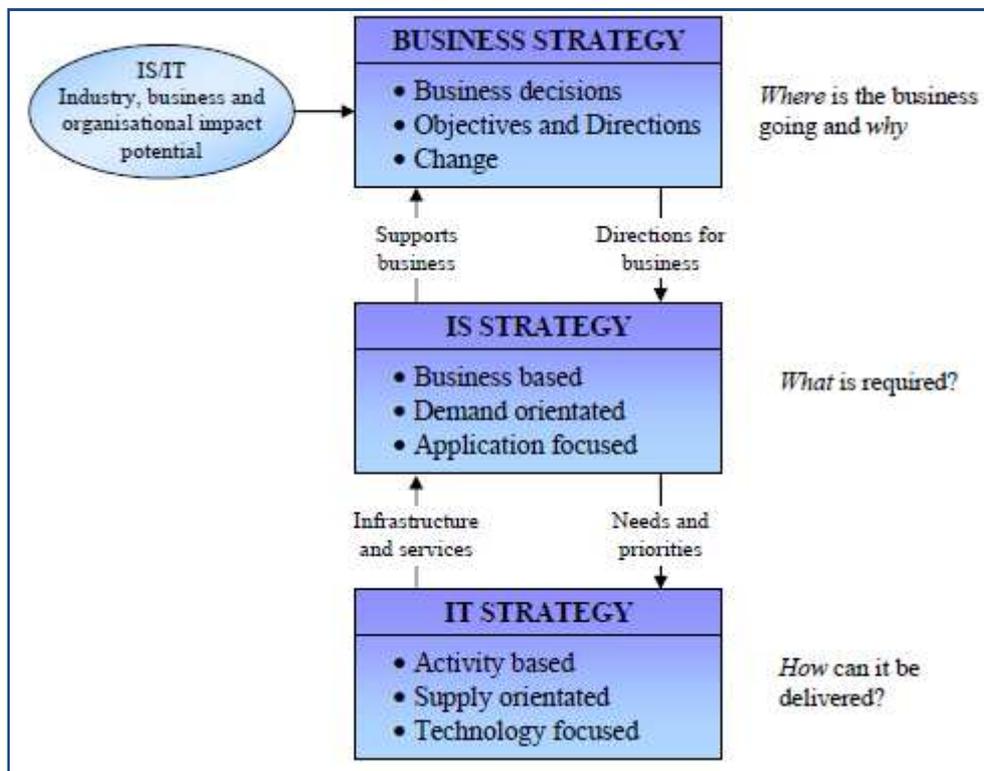


Figura 2.2: Relación entre las estrategias de negocio, SI y TI

Fuente: Ward y Peppard, Strategic Planning for Information Systems, 2002.

La figura 2.2 muestra cómo con SI/TI, una organización en primer lugar necesita identificar el impacto potencial que podría tener en la organización, luego evaluar que información y sistemas son necesarios para llevar adelante la estrategia, y, finalmente, determinar la mejor manera de alcanzar dichos sistemas de información a través de la tecnología (Ward & Peppard, 2002). Este modelo sin embargo no tiene en cuenta cómo el cambio en el entorno de negocios influencia a la organización. Simplemente sirve para mostrar las relaciones.

Ward y Peppard (2002) concluyen que SI/TI deben llevarse a cabo con eficiencia y eficacia, como con cualquier otra parte de la organización, para que el negocio sobreviva y proporcione una ventaja estratégica. Manifiestan que esto proporciona un enfoque de desarrollo de las estrategias para los sistemas de información y tecnología que son desarrolladas e incorporadas con otros componentes de la estrategia organizacional.

El alineamiento estratégico no sólo es fundamental para la eficacia organizacional y la utilización eficiente de los recursos, sino que el alineamiento debe estar presente antes que los sistemas de información puedan ser seleccionados (Chan & Huff, 1993) y para apoyar las estrategias de negocio (Teo & King, 1997). TI por sí mismo no ofrece explícitamente una ventaja competitiva, sin embargo Kaplan J. (2005) indica que si una organización utiliza estratégicamente TI para mejorar los procesos cruciales de negocio, puede fortalecer su posición competitiva y permitir una ventaja competitiva para mantenerse.

2.1.3. Importancia de TI para la estrategia organizacional

Las actividades de una organización se pueden dividir en dos categorías: proyectos y operaciones. Las operaciones implican actividades repetitivas como fabricación, servicio y producción, mientras que los proyectos implican iniciativas tales como el lanzamiento de nuevos productos, nuevas organizaciones o nuevas iniciativas, la mejora de los productos existentes o inversiones en la infraestructura de la empresa (Shenhar & Dvir, 2007). La búsqueda de productividad, calidad y velocidad ha hecho que se usen herramientas y técnicas de gestión para mejorar la eficacia operativa. Estas fueron incapaces de reflejar ganancias sostenidas por tratarse de mejoras operativas y no estratégicas. Mientras que la eficacia operativa se ocupa de las actividades o funciones individuales, la estrategia trata con la combinación de actividades (Porter, 2008). La coordinación y el intercambio de información entre las actividades para eliminar la redundancia y reducir al mínimo esfuerzos en vano, son las formas más básicas de optimización. Las opciones en términos de un buen diseño del producto, por ejemplo, son capaces de eliminar la necesidad de servicio post-venta a los clientes (Porter, 2008).

Para Porter (2008), la principal fuente de cambio estructural en la industria es la innovación tecnológica. Se puede ampliar el mercado y por lo tanto promover el crecimiento de la industria y/o puede mejorar la diferenciación de los productos. También puede traer consecuencias indirectas como la exigencia de nuevos métodos de fabricación, distribución y comercialización. Mientras que diversas tecnologías tienen gran influencia en la actividad, ha causado un impacto de la tecnología de la información (Turban, McClean, & Wetherbe, 2004).

Las empresas consideran a TI como un activo importante, y lo usan para concretar su estrategia y generar valor al negocio (Weill & Ross, 2004). Las empresas manejan muchos activos, personas, dinero, instalaciones y relaciones con los clientes. Con el desarrollo tecnológico de los últimos años, el papel y el valor de la información han cambiado significativamente. La información es cada vez más fácil de recoger y almacenar, tiene cada vez más importancia para los productos y servicios, es muy difícil de valorar, tiene una vida media decreciente, tiene una exposición al riesgo creciente (como la seguridad y la privacidad), y representa un gasto importante para la mayoría de las empresas (Weill & Ross, 2004).

La tecnología de la información adquiere una importancia estratégica. Este significado se ve acentuada por el papel que desempeña en la cadena de valor. La tecnología de la información está impregnando todas las partes de la cadena de valor, transformando la manera en que se realizan actividades de valor y la naturaleza de los vínculos entre ellos. También afecta el ámbito competitivo y la remodelación de la forma en que los productos cumplen con las necesidades de los compradores (Porter, 2008).

Las mejores empresas tienen retornos de inversión en TI de hasta 40% más que sus competidores. Estas empresas de desempeño proactivo reciben el valor de TI de diferentes formas: dejar clara la estrategia de negocio y el papel de TI para alcanzarlo; medir y gestionar lo que gasta y lo que gana con TI, asignar responsabilidades a los cambios organizativos necesarios para aprovechar los nuevos recursos de TI, y aprender de cada implementación (Weill & Ross, 2004). En este sentido, el área de TI debe ser competente en los servicios básicos y desarrollar habilidades esenciales para trabajar con las unidades de negocio, ofreciéndoles servicios, soluciones personalizadas y tecnologías que refuercen las estrategias. El éxito de brindar servicios de infraestructura y aplicaciones se mide desde el punto de vista de los clientes en dos niveles:

- 1) nivel de competencias básicas (prestación de servicios de TI confiables y de alta calidad, costos competitivos).
- 2) nivel de contribución al valor agregado, cómo el área de TI ayuda a las unidades de negocio a ser más productivas y rentables, que se convierte en componente esencial de las estrategias de diferenciación de éxito de las unidades de negocio (Kaplan & Norton, 2006).

Por lo tanto, TI debe ser usada para modificar la competencia en tres segmentos estratégicos: operativa, a través de la automatización de las operaciones repetitivas a precios razonables; generar una ventaja competitiva al ofrecer nuevas formas de superar a rivales explorando la tecnología de la información para mejorar la rentabilidad de las unidades de negocio, difundir nuevos negocios, generalmente de las operaciones actuales de la empresa mediante el aumento de la satisfacción del cliente y ofrecer apoyo estratégico a su negocio con soluciones innovadoras y creativas (Porter, 2008) , (Kaplan & Norton, 2006).

2.1.4. Tecnología de la Información y Comunicación en América Latina

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han experimentado un desarrollo espectacular a lo largo de los últimos veinte años y han impulsado innovaciones que afectan a todos los ámbitos de la economía y de la sociedad. En efecto, se puede afirmar que la utilización de estas tecnologías representa hoy una oportunidad para generar beneficios que pueden aportar de manera significativa no sólo al crecimiento económico, sino también a los procesos de inclusión social a través de mejores servicios en educación, salud y gestión gubernamental.

Los procesos de acceso y utilización de TIC han progresado también en los países de América Latina en los últimos años. Ello se refleja en el Índice de Desarrollo de las TIC (IDI), elaborado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones de Naciones Unidas (UIT, 2012), que muestra como en todos los países latinoamericanos se ha verificado una mejora sustancial en infraestructura, acceso y uso de estas tecnologías como se muestra en la figura 2.3.¹

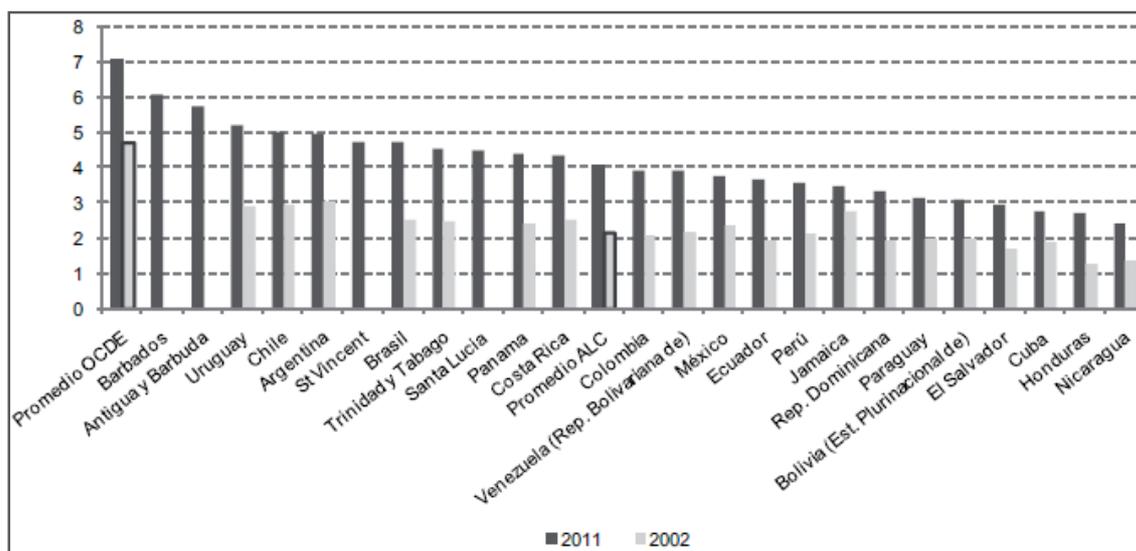


Figura 2.3. América Latina y Caribe y OCDE: Índice de Desarrollo de TIC, 2002-2011

Fuente: Elaboración propia con origen en indicadores de la base de datos del UIT.

¹ Se trata de un índice compuesto que considera la infraestructura y acceso a las TIC (números de teléfonos fijos cada 100 habitantes, suscriptores a teléfono celulares cada 100 habitantes, ancho de banda de Internet respecto de los usuarios de Internet, proporción de hogares con computadora y porcentaje de hogares con acceso a Internet en el domicilio), su uso y la intensidad del mismo (que se mide a través de usuarios de Internet cada 100 habitantes, suscriptores de Internet de banda ancha fija cada 100 habitantes y suscriptores de Internet de banda ancha móvil cada 100 habitantes) y, por último, las capacidades necesarias para hacer un uso efectivo de dicha tecnología (aproximada a través de la tasa de alfabetización de los adultos, la tasa bruta de matriculación en la educación secundaria y la tasa de matriculación en educación terciaria).

Al analizar los distintos componentes del índice se refleja el enfoque dominante de las estrategias implementadas en los países de la región, que se han concentrado esencialmente en programas orientados a mejorar la infraestructura y el acceso. Al mismo tiempo es importante resaltar que existe una importante heterogeneidad, donde se observa que los países del Cono Sur y del Caribe se encuentran mejor posicionados, mientras que los de América Central muestran un mayor atraso (véase la figura 2.3).

En términos de acceso empiezan a aparecer nuevas brechas con los países más desarrollados. En particular, mientras mejora la situación (absoluta y relativa) del acceso a telefonía celular y a Internet, en el caso de la banda ancha la situación es bastante distinta (véase la figura 2.4).

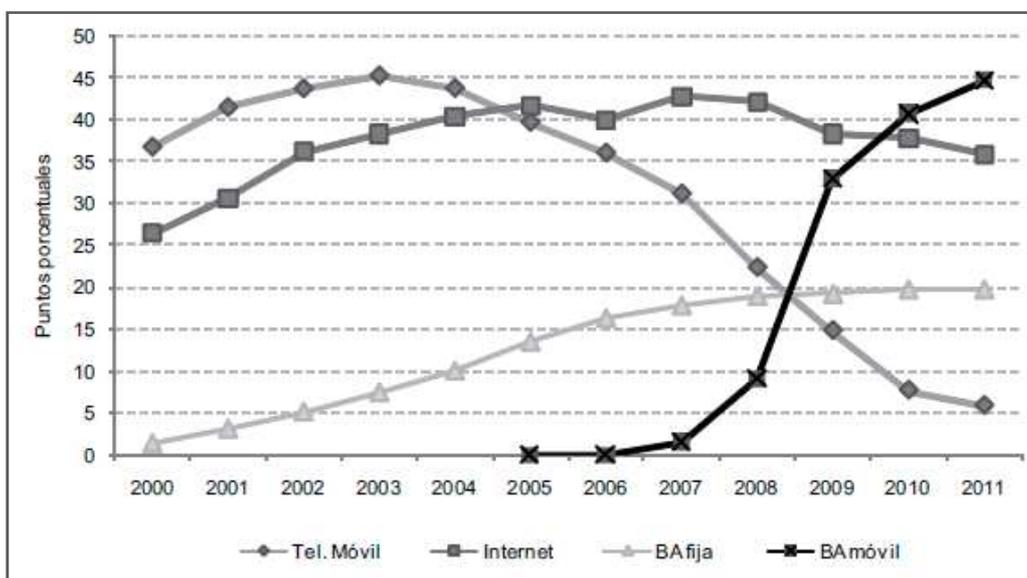


Figura 2.4. América Latina y el Caribe vs. OCDE: evolución de la brecha digital, 2000-2011

Fuente: Elaboración propia con origen en indicadores de la base de datos del UIT.

Nota: La brecha digital se calcula restando al valor de la OCDE el de América Latina.

En 2011, los países de la región tenían una tasa promedio de penetración de banda ancha fija y móvil de sólo 8 y 11 abonados por cada 100 habitantes respectivamente, mientras que en los países de la OCDE la proporción era de 27 y 55 abonados por cada 100 habitantes (UIT, 2012), lo que sin lugar a dudas se relaciona con el costo de acceso a este servicio, que muestra un precio relativo que en muchos casos no es posible afrontar por parte de los ciudadanos latinoamericanos.

Esto es evidente si consideramos el precio que cuesta acceder a una conexión de 1 Mbps (Megabyte por segundo) con respecto al ingreso promedio del país. En tal sentido llama la atención el alto costo relativo que deben afrontar algunos países de la región, como es el caso de Bolivia, Guatemala y Nicaragua, cuyos habitantes deben dedicar en promedio un porcentaje muy elevado de sus ingresos mensuales al acceso de esta tecnología, lo que deja a una parte importante de la población sin la capacidad de uso y apropiación de los beneficios de las TIC y, por lo tanto, fuera de la sociedad de la información, incrementando aún más la diferencias al interior de las economías. Si bien los costos relativos han experimentado una fuerte baja en los últimos meses, el que se debe fundamentalmente a una mayor oferta en la velocidad de acceso, los costos de utilización del servicio siguen siendo muy elevados, representando verdaderas limitaciones sobre todo para los segmentos más desfavorecidos de la sociedad, dentro de los cuales se encuentran las micro y pequeñas empresas.

En tal sentido, dada la muy desigual distribución del ingreso en los países de la región, estos costos promedio pueden constituirse en una restricción al acceso que redunde en la ampliación de la brecha digital para las familias más pobres. En este sentido, sería importante analizar las estrategias y políticas de difusión de la banda ancha que han seguido otros países, así como identificar las iniciativas que están en curso en la región para bajar el costo del acceso y mejorar la utilización de la banda ancha. Por otra parte, para el conjunto de América Latina, el aumento de los abonados y subscriptores de banda ancha no ha sido acompañado por una mejora en la calidad de acceso, dado que existen importantes deficiencias en términos de capacidad de transmisión, largos tiempos de latencia y altos costos, lo que afecta negativamente las posibilidades de un uso de aplicaciones más avanzadas (CEPAL-OCDE, 2011). La figura 2.5 permite visualizar claramente cómo en varios países de la región se presenta una relación completamente opuesta a la observada en los países de mayor desarrollo, en cuanto a calidad y costo de la banda ancha.

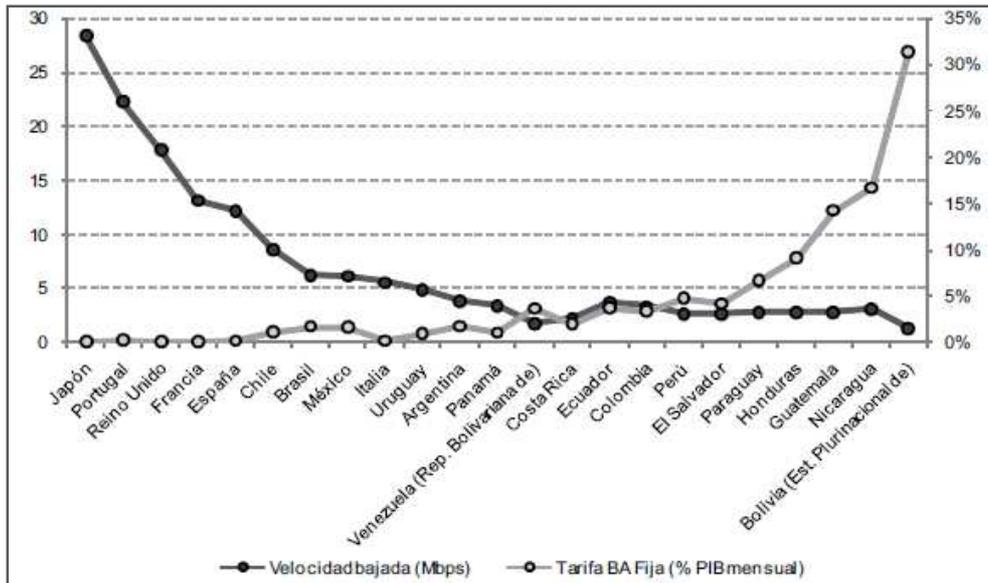


Figura 2.5. Relación calidad banda ancha fija y tarifas, julio-agosto 2012

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Observatorio Regional de Banda Ancha (ORBA, 2012).

Nota: se consideró la velocidad de bajada ofrecida promedio de un grupo de proveedores de Internet en el periodo de referencia.

2.1.4.1. Las TIC en empresas de América Latina

La relación entre TIC y las distintas variables relacionadas con el desempeño empresarial (ventas, ganancias, productividad, ocupación, etc.) es bastante compleja y, en algunos casos, incierta. Si bien es cierto que las compañías pueden obtener importantes mejoras en su desempeño a través de la incorporación de TIC, estos resultados potenciales no se generan de forma automática. Varios estudios han puesto en evidencia que para conseguir incrementos de la productividad es necesario que la introducción de estas tecnologías esté acompañada por cambios profundos en los procesos internos y en las relaciones de la empresa con proveedores, clientes y socios (Research Institute of Economic Planning Agency, 2000); (Office of Director-General for Policy Planning, 2004); (OCDE, 2003); (OCDE, 2004); (Brynjolfsson, Hitt, & Yang, 2002).

En el caso de América Latina algunos estudios recientes analizan la relación entre inversión en TIC y productividad (Cimoli & Correa, 2010) (Balboni, Rovira, & Vergara, 2011). A nivel agregado, Cimoli y Correa (2010) muestran que el aumento de los gastos en TIC respecto del PBI no necesariamente se ha reflejado en un mejoramiento del nivel de productividad de los países.

Si bien hay una correlación positiva entre las dos variables, el impacto no es lineal y el desempeño de cada país depende de varios factores, dentro de los que se destacan su estructura productiva, la distribución del ingreso, las complementariedades con el sistema nacional de innovación y los modelos organizativos de las empresas e instituciones. Balboni, Rovira y Vergara (2011) investigan el vínculo entre TIC y productividad en las empresas de Argentina, Chile, Colombia, Perú y Uruguay, poniendo énfasis en la complementariedad de las TIC con otros factores determinantes para el desempeño económico de las empresas, como la calidad del capital humano, las capacidades innovadoras y los cambios organizacionales. Los resultados obtenidos indican que el impacto de las TIC sobre las actividades de las compañías parece ser fundamentalmente indirecto, principalmente vía reducción de costos, actividades innovadoras y complementariedades con el capital humano; este efecto sería válido no sólo a nivel de las empresas sino que también a nivel agregado de la economía. Esta característica intrínseca de las TIC constituye una de las mayores dificultades para evaluar empíricamente el efecto directo de la introducción de las TIC en las empresas.

De acuerdo a los análisis sobre las potencialidades de las TIC (Peirano & Suárez, 2006a); (Rivas & Stumpo, 2011);(CEPAL-OCDE, 2012), la incorporación de estas tecnologías es el resultado de un proceso evolutivo que requiere de ciertos umbrales mínimos de infraestructura tecnológica necesarios para saltar a etapas más maduras y avanzadas. A su vez, superar una determinada fase y entrar en la siguiente exige mayores esfuerzos y complementariedades en las capacidades y en la organización de las empresas (Breard & Yoguel, 2011). En términos generales, se pueden identificar cuatro situaciones de desarrollo tecnológico, relacionado con el nivel de intensidad en el uso e incorporación de las TIC, que se vinculan con los beneficios que de ellas se puedan derivar (véase el figura 2.6).

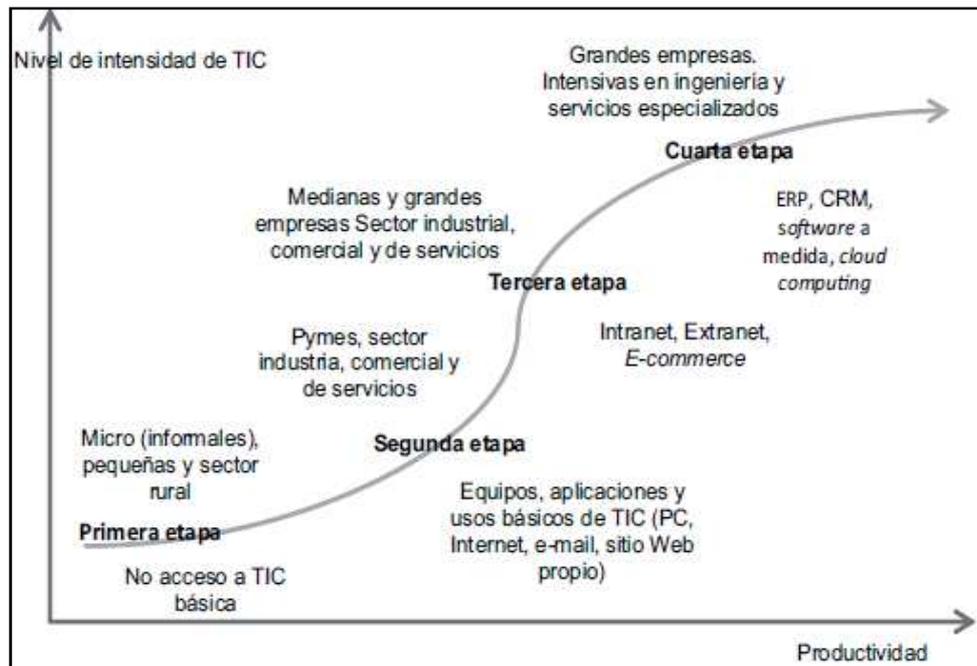


Figura 2.6. Etapas de incorporación de las TIC en empresas

Fuente: Elaboración propia con base en Peirano y Suarez (2006b), y Rivas y Stumpo (2011)

Es oportuno aclarar que la incorporación de nuevas tecnologías no tiene por qué seguir necesariamente las etapas que se plantean. De hecho, algunas compañías pueden no tener la necesidad de avanzar hacia tecnologías más complejas de la que poseen, y no seguir ese tránsito secuencial. Por otro lado, tenemos algunas empresas, sobre todo en sectores con mayor intensidad tecnológica, que tienen capacidades para poder avanzar en el paradigma tecnológico realizando “saltos” sin tener que pasar por cada una de las etapas.

Al observar la figura 2.6 Peirano-Suarez (2006b) y Rivas-Stumpo (2011) revelan que en América Latina el grueso del sector productivo, y en particular las empresas de menor tamaño, se encuentra en la primera o en la segunda etapa de desarrollo en términos de intensidad de las TIC utilizadas. En general, en la primera etapa, en que no tienen accesos a las TIC elementales como por ejemplo una PC o Internet, se encontrarían principalmente las microempresas formales, algunas pequeñas, el sector informal y a nivel sectorial principalmente muchas empresas que desarrollan actividades agropecuarias. Éstas representan un porcentaje importante del universo empresarial en la región que queda excluido del nuevo paradigma tecnológico.

En la segunda etapa, donde comienzan a incorporarse las TIC más básicas, como el acceso a Internet y el uso del e-mail, se ubica un porcentaje importante de las empresas latinoamericanas. En particular, se trata de gran parte de las pymes, mientras que a nivel sectorial aquí se encontrarían muchas actividades industriales, algunos servicios y el comercio. En esta etapa, los cambios en la infraestructura informática y de comunicaciones impactan principalmente sobre las actividades operativas de carácter rutinario. Así, los beneficios para la empresa se expresan principalmente en la automatización de algunos procedimientos, con el consiguiente incremento de la productividad, a la vez que se reducen los costos de transacción tanto al interior de la empresa como en las operaciones que la firma realiza con terceros.

En la tercera etapa se identifica un porcentaje menor de las empresas de la región, esencialmente empresas medianas y grandes, con una mayor presencia de actividades industriales y de servicios más especializados. Aquí las TIC proveen el soporte para la toma de decisiones, y permiten modificar el procesamiento de información y la articulación tanto entre distintas áreas de la empresa (*Intranet*) como con proveedores y clientes (*Extranet*).

Por último en la cuarta etapa, donde la existencia de TIC implica adaptar el equipamiento y las capacidades del personal de la empresa, es posible ubicar en América Latina un porcentaje muy pequeño de compañías: esencialmente algunas grandes empresas (en particular transnacionales y grandes grupos de capital nacional) y algunas de distintos tamaños que operan en sectores de mayor intensidad tecnológica, tanto al interior de la industria como en servicios especializados. En esta etapa encontramos aquellas firmas que hacen un uso de las TIC más intensivo y complejo, ya que se requiere de una Intranet combinada con programas informáticos de alta especialización como los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) y CRM (Customer Relationship Management). En este punto de la trayectoria, las inversiones necesarias se concentran en el soporte de infraestructura tecnológica y en mano de obra con alta calificación.

2.1.5. Tecnología de la Información y Comunicación en la Argentina

En la Argentina las estadísticas muestran que las TIC utilizadas por las empresas, es decir, los equipos computacionales, el acceso a Internet, y la presencia en la web, ya han alcanzado una muy amplia difusión. También resulta alto el grado informatización de las tareas administrativas y de contabilidad y tesorería. Mucho más modestos son los alcances del proceso cuando se considera un uso más complejo y profundo de estas tecnologías. La informatización de tareas productivas aún es una fase pendiente para la mayoría de las empresas, en especial para las pymes. También lo es el uso de las herramientas para dar soporte a la gestión estratégica de la empresa.

Cuando se toma como referencia un modelo de adopción de TIC en empresas centrado principalmente en la transformación del back office, se puede estimar que la mayoría de las empresas se ubican en una zona de transición entre las etapas 1 y 2 de un total de tres fases. Es decir, muchas empresas han incorporado las TIC para la gestión de sus procesos administrativos. Resta por completar la digitalización en áreas como producción, logística, inventarios y compras. La segunda etapa implica utilizar estas tecnologías para sacar provecho de la información que generan, y a la que pueden acceder para fortalecer el control y la planificación, y favorecer así la toma de decisiones estratégicas. La generalización de las TIC como soporte de los procesos de negocios requiere de un especial énfasis en capacitación y competencia de los recursos humanos. Sólo en casos excepcionales las empresas argentinas ya utilizan las TIC para fortalecer sus acciones en materia de innovación o han modificado su modelo de negocio para transformar sus competencias tecnológicas en pilares de su competitividad.

En cuanto al escenario argentino en los últimos años, se revitalizó el conjunto de políticas, reapareciendo temas propios del ideario de transición hacia la Sociedad de la Información, los cuales habían perdido protagonismo en la agenda pública de los últimos años. En particular, durante el periodo 2008-2010, el gobierno nacional presentó cinco iniciativas que representan los pilares de las políticas para impulsar el uso de las TIC en Argentina: (i) el Libro Blanco de la Prospectiva TIC–Proyecto 2020, (ii) la Agenda Digital Argentina, (iii) el Programa Mi PC, (iv) el Plan Nacional de Gobierno Electrónico, y (v) el Plan Argentina Conectada.

2.1.5.1. Las TIC en empresas de Argentina

Para analizar hasta qué punto las empresas argentinas están aprovechando las oportunidades que brindan las TIC, la principal fuente de información estadística es el Modulo TIC de la Encuesta de Indicadores Laborales (EIL) del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (OEDE-DGEYEL-MTEySS, 2011). La muestra incluye a 1.100 empresas representativas de los sectores industria, comercio y servicios con 10 o más ocupados de los cuatro aglomerados urbanos más importantes del país (Gran Buenos Aires, Gran Córdoba, Gran Rosario y Gran Mendoza).

A partir de esta fuente de información se pueden establecer ciertos hechos respecto del proceso de difusión y adopción de las TIC por parte de las empresas argentinas. El primero de los hechos mencionados se refiere a que el uso de computadoras personales está ampliamente difundido en el tejido empresarial argentino (90%) y que la casi totalidad de éstas cuenta con conexión a Internet (97,4%). Estos datos ponen de manifiesto el carácter ampliamente difundido de estas herramientas en la actualidad, independientemente de los sectores y de los tamaños. El segundo hecho se vincula con la utilización de la página web por parte de las empresas como medio para darse a conocer. Si bien no presenta índices de difusión tan altos como en el caso de las computadoras e Internet, en la Argentina siete de cada diez empresas cuentan con un sitio web (ver Tabla 2.1). A pesar de la heterogeneidad existente entre tamaños de empresas, las pequeñas y las medianas presentan tasas relativamente elevadas: respectivamente alcanzan el 62% y 76%. Sin embargo, Molina, Rotondo y Yoguel (2011) destacan que, más allá de la importancia de los sitios web como herramienta de comunicación y difusión, la cantidad de compañías que tienen incorporados sus sitios web a los procesos de negocios (como por ejemplo venta de productos, compras de insumos, seguimiento de pedidos, etc.) es marginal (5,3%).

	Industria	Comercio	Servicios	Grande	Mediana	Pequeña	Empresa Nacional	Empresa extranjera	Total
Computadoras	92,8	92,4	85,5	99,3	96,4	83,1	89,1	100	89,4
Internet	98,5	96,5	97,0	100,0	99,7	95,1	97,3	100	97,4
Sitio web	73,4	57,2	74,9	83,3	75,8	62,2	69,2	95,7	70,0

Tabla 2.1 Empresas que cuentan con TIC básicas, 2010 (En porcentajes)

Fuente: OEDE-DGEyEL-MTEySS en base a modulo TIC-EIL.

Las diferencias entre grandes y pequeñas empresas se agudizan cuando se observa la información respecto de la implementación de Intranet. Mientras que las de mayor tamaño utilizan este recurso en el 60,8% de los casos, los porcentajes en las pequeñas y medianas empresas llegan, respectivamente, al 17,5% y 34,4%. Por lo tanto, el tercer hecho estilizado es que la Intranet sea un recurso que se observa en mayor proporción en compañías de una complejidad organizativa elevada.

El comercio electrónico parece tener un alcance moderado: en torno al 20% del universo de las empresas realizó en 2009 tanto compras como ventas electrónicas (ver Tabla 2.2). En esta área cabe evidenciar que el factor tamaño no es relevante: las cifras son muy similares entre las grandes empresas y las pymes.

e-commerce	Industria	Comercio	Servicios	Grande	Mediana	Pequeña	Empresa Nacional	Empresa extranjera	Total
<i>Intranet</i>	27,6	22,6	34,4	60,8	34,4	17,5	27,7	78,3	29,2
Compra	22,7	22,8	22,9	24,5	23,9	21,5	22,6	27,7	22,8
Vende	18,7	19,8	20,5	22,7	21,5	17,8	19,3	36,1	19,8

Tabla 2.2 Empresas que cuentan con Intranet y comercian electrónicamente, 2009 (En porcentajes)
Fuente: OEDE-DGEyEL-MTEySS en base a modulo TIC-EIL.

Uno de los espacios donde se observan importantes avances en la difusión de las TIC es en la utilización por parte de las empresas de herramientas como el e-banking y el e-government, que no sólo facilitan los trámites bancarios con los distintos niveles del Estado, sino que es esperable que tengan un impacto en los costos de transacción en el que ellas deben incurrir (ver Tabla 2.3).

En el caso de las herramientas de e-banking, la más utilizada es el pago electrónico de sueldos (73,5%). Las multinacionales (90%), las grandes empresas (89%) y el sector industrial (81%) son las que más utilizan el pago electrónico de sueldos. Por otro lado, las pequeñas compañías y el sector comercial son los que presentan una menor difusión de esa herramienta con el 60% y el 58% respectivamente.

<i>e-banking</i>	Industria	Comercio	Servicios	Grande	Mediana	Pequeña	Empresa Nacional	Empresa extranjera	Total
Pago de sueldos	80,6	68,2	71,1	89,1	74,7	68,3	72,9	89,8	73,5
Pagos a proveedores	48,3	51,1	47,8	63,4	47,1	46,2	47,9	78,5	48,8
Pagos de servicios de la empresa	52,5	47,4	53,3	64,2	53,0	47,2	50,9	72,7	51,6
Cobranzas	54,0	45,9	50,2	54,6	52,3	47,8	49,4	80,0	50,4
Administración de cuentas	44,7	39,4	48,1	63,0	44,6	40,0	44,3	60,3	44,8
Inversiones	16,2	11,0	20,7	27,6	18,3	12,8	16,6	21,5	16,8
<i>e-government</i>	Industria	Comercio	Servicios	Grande	Mediana	Pequeña	Empresa Nacional	Empresa extranjera	Total
Liquidación y pago de contribuciones	72,3	54,0	63,1	86,2	72,2	51,7	62,8	97,6	63,8
Liquidación y pagos AFIP	76,7	60,5	70,0	88,9	77,0	59,4	68,9	97,6	69,8
Otros trámites con el estado nacional	47,3	38,6	50,7	70,7	48,5	38,7	45,4	82,9	46,6
Provincial	38,3	37,7	38,8	53,9	41,7	31,8	37,8	56,2	38,4
Municipal	37,7	34,3	39,9	51,1	42,0	31,0	37,2	54,8	37,8

Tabla 2.3 Empresas que utilizan herramientas de e-banking y e-government, 2010 (En porcentajes)
Fuente: OEDE-DGEyEL-MTEySS en base a modulo TIC-EIL.

Dentro de las aplicaciones de e-government, la mayor difusión se observa en relación a aquellas herramientas destinadas a pagos impositivos (64% de las empresas liquida sus pagos de contribuciones patronales y jubilaciones de este modo, mientras que el 70% realiza pagos electrónicos a la autoridad impositiva).

Otra dimensión de análisis de la encuesta es la de los sistemas informáticos implementados en las empresas. Los sistemas más difundidos son los programas básicos de oficina. Estas aplicaciones de fácil implementación representan el segmento más simple de software y no constituyen un elemento de diferenciación entre las empresas. En efecto, más del 90% de las empresas que cuentan con computadoras tienen incorporados este tipo de sistemas. Sin embargo, dentro de las aplicaciones de mayor avance encontramos los sistemas empresariales, entre los que se destacan los sistemas contables, financieros, de recursos humanos, de atención al cliente, de logística, de apoyo a la toma de decisiones y de abastecimiento electrónico. Además, existen algunos sistemas de información aplicados a la producción, como por ejemplo los sistemas de diseño por computadora, que permiten la planificación y control de la producción, y los de control estadístico de procesos. La tasa de difusión de cada uno de los sistemas de información en el conjunto de las empresas no logra superar el 25%, exceptuando aquellos relativos al área contable, que alcanzan el 59 (ver figura 2.7).

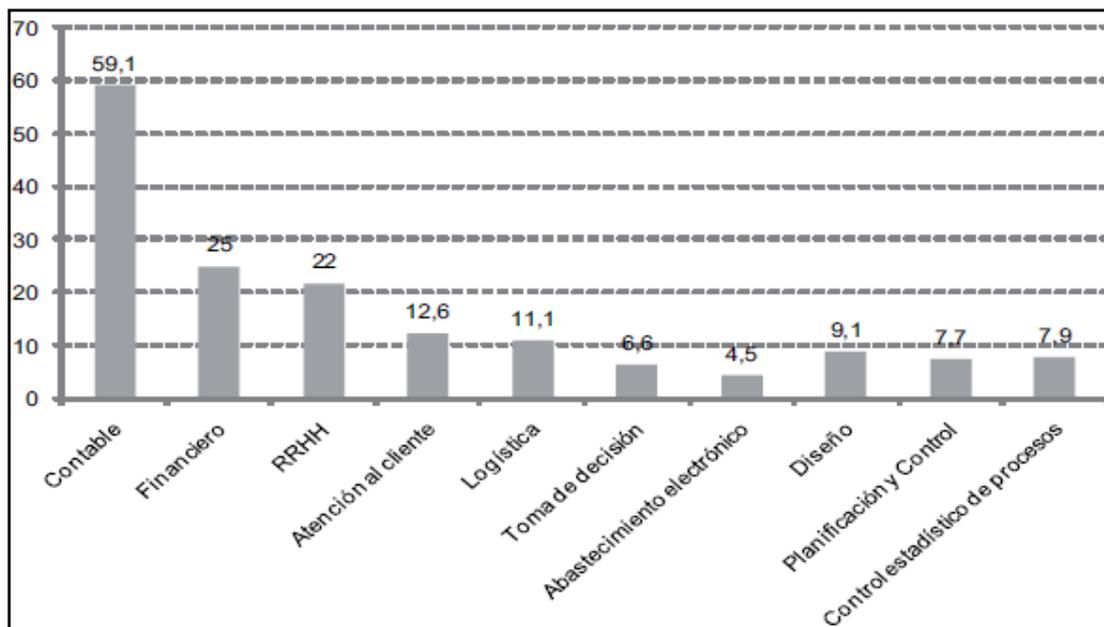


Figura 2.7. Existencia de sistemas empresariales. Total de empresas 2010 (En porcentajes)

Fuente: OEDE-DGEyEL-MTEySS en base a modulo TIC-EIL.

Un tercer orden de sistemas informáticos se refiere a los sistemas corporativos, que son aplicaciones que posibilitan la sistematización de las tareas de planificación y gestión de diferentes áreas de la empresa. Más allá de que un tercio de las empresas cuenta con sistemas de gestión corporativa, sólo en la mitad de los casos se trataría de sistemas ERP, mientras que, especialmente las pymes, implementan diferentes tipos de herramientas ‘enlatadas’ que no permiten ajustar el software a los procesos de negocio de las empresas (ver Tabla 2.4). En el caso de las compañías que implementan sistemas ERP, se verifica la existencia de esfuerzos para integrar el conjunto de sistemas de las empresas al sistema corporativo, aunque estos esfuerzos son muy heterogéneos según el tamaño de las empresas (Molina, Rotondo, & Yoguel, 2011).

	Industria	Comercio	Servicios	Grande	Mediana	Pequeña	Empresa Nacional	Empresa extranjera	Total
Enlatados	50,6	55,4	46,6	23,7	44,9	71,5	53,2	11,3	50,4
ERP Rango medio	33,1	27,6	20,0	39,8	32,5	14,1	26,6	32,0	26,9
ERP World Class	7,7	7,0	14,1	21,0	12,4	0,8	6,9	50,5	9,9
Otros	8,5	10,0	19,3	15,5	10,1	13,6	13,3	6,3	12,8

Tabla 2.4 Empresas que cuentan con sistemas corporativos según categorías, 2010 (En porcentajes)

Fuente: OEDE-DGEyEL-MTEySS en base a modulo TIC-EIL.

Breard y Yoguel (2011) analizan a partir de la misma encuesta los patrones de incorporación de TIC y destacan que “las empresas con tecnologías complejas son, en su mayor parte, empresas del sector industrial, grandes y de capital extranjero. Este conjunto de empresas se caracteriza porque tienen ERP o un sistema de abastecimiento electrónico o de relaciones con clientes, usan Intranet o algún sistema específico para dirección, control o toma de decisión, etc. El segundo grupo de empresas, de mediana complejidad, en su mayoría empresas nacionales, se caracterizan por haber pasado el umbral de estructuras informáticas básicas. Esto se debe a que, por las tecnologías con las que la mayoría de ellas cuentan, han realizado en algún momento de su historia (o “están en medio de un proceso de...”) alguna transformación organizacional. Es decir han debido informatizar o crear procesos de negocios soportados por tecnologías informáticas. Esto las posiciona en el conjunto de empresas con una capacidad diferencial que puede consolidarse en el tiempo o pasar a ser un patrón estructural en la incorporación de TIC”.

A la luz de las estadísticas presentadas y teniendo en cuenta la descripción enunciada, se observa que el vínculo de las empresas con las TIC se centra fundamentalmente en relación con Internet. En otras palabras, un predominio de los cambios en el front office por sobre aquellos en el back office es un resultado en cierto modo previsible. El punto es si el proceso de difusión tal como se está desarrollando tendrá la capacidad para ir más allá. La ampliación en el acceso a Internet ha sido un proceso dinámico y generalizado. En muchas dimensiones casi se ha completado sobre la base de la iniciativa de los grandes proveedores y la transferencia de beneficios hacia los usuarios como consecuencia de repetidas innovaciones en un marco de aguda competencia.

2.1.6. Gestión de Inversiones en TI

La importancia de TI en las organizaciones ha ido creciendo cada año, debido al aumento de las inversiones en TI y su importancia en el cumplimiento de actividades dentro de la organización. Seleccionar y realizar las inversiones correctas en TI puede ser el factor clave para mantener la viabilidad y prosperidad de la organización (Bacon, 1992). En muchos casos, estas inversiones se convierten en una tarea difícil y delicada, porque hay muchos beneficios intangibles que deben ser considerados (Maizlish & Handler, 2005).

El nivel de inversión en TI y los riesgos que implican la planificación y ejecución de las TI, en algunos casos, puede tener resultados desfavorables. Por lo tanto, es necesario aumentar la comprensión del proceso de la justificación de evaluar las inversiones en TI realizadas por las organizaciones, teniendo en cuenta los costos/beneficios, tanto a corto como a largo plazo (Gunasekaran, Ngai, & McGaughey, 2006). Por otra parte, el alto grado de incertidumbre asociado con el uso de tecnologías por parte de las organizaciones implica una gran importancia en el proceso de evaluación de las inversiones en TI (Irani & Love, 2002).

Las investigaciones acerca de la justificación de las inversiones en TI se pueden dividir en cinco grandes áreas (Gunasekaran, Ngai, & McGaughey, 2006):

- 1) Comprender el significado de la justificación de las TI, incluyendo la justificación de las inversiones en TI, los costos y beneficios de la implementación y la evaluación de la participación de TI.
- 2) Identificar los criterios de evaluación para justificar las inversiones de TI, incluidas las medidas de rendimiento y métricas relacionadas con el impacto en las consideraciones estratégicas, tácticas, desempeño operacional, las medidas financieras, e indicadores no financieros tangibles e intangibles.
- 3) Identificar las técnicas y herramientas utilizadas para justificar las inversiones de TI.
- 4) Revisar la implementación de proyectos de TI, que incluye medidas de rendimiento financiero, no financiero, tangible e intangible;
- 5) Evaluar los riesgos y beneficios asociados con diferentes objetivos de inversión.

Las inversiones de TI representan un costo muy alto y al mismo tiempo, realizadas sin un manejo disciplinado, procedimientos definidos y seguimiento de los resultados obtenidos constituyen un gran problema (Maizlish & Handler, 2005).

Por otra parte, la inversión en TI por sí sola no es garantía de rentabilidad para las empresas (McFarlan, 1984). Estos factores ponen de relieve la importancia y la atención que las organizaciones deben dar a la gestión de inversiones en TI. Por lo tanto, esta gestión puede definirse como la decisión, coordinación y evaluación del gerente en la asignación de todos los tipos de recursos de TI disponibles (humanos, monetarios y físicos) para alcanzar los objetivos organizacionales y reducir todos los problemas y desafíos que ello conlleva.

Según Gunasekaran, Ngai y McGaughey (2006), diferentes tipos de medidas han sido utilizadas por los gerentes para evaluar el retorno de la inversión, como medidas financieras (periodo de retorno de la inversión, valor actual neto, tasa interna retorno), no financieras (mejoras en los procesos de negocio y el entorno social organizacional), tangibles (unidades vendidas por período, nivel de stock, tasa de productos defectuosos, etc.) y activos intangibles (satisfacción del usuario final, satisfacción del cliente, participación en el mercado).

Algunos autores consideran que TI no proporciona una ventaja competitiva, sólo impide un retraso con respecto a la competencia, sino resulta en otro costo organizacional (Tiernan & Peppard, 2004). Sin embargo, otros estudios indican que las inversiones en TI implican diferentes beneficios y ventajas competitivas para las empresas (Weill & Broadbent, 1998); (Weill & Aral, 2006), (Melville, Kraemer, & Gurbaxani, 2004).

2.2. LÓGICA BORROSA

2.2.1. Distinción entre probabilidad y posibilidad

En muchos problemas de gestión empresarial, económica y financiera, el analista que toma decisiones de inversión encuentra la presencia simultánea de datos ciertos, aleatorios o inciertos, por lo que es conveniente realizar una adecuada distinción entre aleatoriedad e incertidumbre.

Kaufmann y Gil Aluja (1993) establecen los siguientes grados de conocimiento para los datos ciertos, aleatorios, e inciertos de los problemas de gestión:

Se cuenta con “*datos ciertos*” cuando se conocen todos los estados y para cada estado el (o los) valor (es) que se les afecta. Estos datos pueden ser numéricos o no numéricos, ordenados o no ordenados.

Se cuenta con “*datos aleatorios*” cuando se conocen los estados y únicamente se pueden afectar los valores asociados a estos estados a través de leyes de probabilidad. El proceso de tratamiento se convierte en un proceso estocástico. También pueden encontrarse sistemas en donde los propios estados son aleatorios.

Se está en presencia de “*datos inciertos*” cuando no pueden obtenerse leyes de probabilidad debido al conocimiento parcial o al desconocimiento de la forma de dicha distribución. Se pasa de lo medible a lo valuable, ya que las valuaciones son captadas a través de estimaciones numéricas subjetivas, puesto que en estas situaciones, el camino hacia el conocimiento de los problemas de gestión económico-financiera, parte de la percepción de elementos inherentes al proceso bajo estudio. Se ingresa entonces en el ámbito de aplicación de la matemática de la incertidumbre: intervalos de confianza, tripletas de confianza, números borrosos, técnicas de regresión borrosa, métodos de optimización borrosa, números híbridos o variables borroso aleatorias (donde convergen aleatoriedad y borrosidad), grafos neuronales, alfa cortes, etc.

La forma más adecuada de tratar las situaciones con datos inciertos es la teoría de posibilidad desarrollada por Lotfi Zadeh (1978). Se dice que la teoría de probabilidad se relaciona con la incertidumbre aleatoria (propia de la estructura de un fenómeno), mientras que la posibilidad se refiere a la incertidumbre epistémica (originada en el conocimiento incompleto o parcial) (Knight, 1921).

Según Zadeh (2002) existe un concepto inherente a la cognición humana y es el concepto de parcialidad. La realidad de los acontecimientos económicos nos presenta a diario certezas parciales, verdades parciales, precisión parcial, posibilidad parcial, conocimiento parcial, entendimiento parcial, creencia parcial, solución parcial y capacidad parcial. Desde este punto de vista, la teoría de probabilidades es una teoría de la certeza parcial y del comportamiento aleatorio. Sin embargo, la teoría de probabilidades no aborda ninguna de estas parcialidades; porque se fundamenta en la lógica aristotélica bivalente. Para la teoría de probabilidades, un proceso es estocástico o no estocástico; una serie temporal es estacionaria o no estacionaria; un evento sucede o no sucede; una acción es irreversible o no lo es; los eventos A y B son independientes o no independientes; y así sucesivamente. Luego, la negación de la verdad o posibilidad parcial restringe seriamente la habilidad de la teoría de probabilidades para afrontar los problemas económicos y de gestión en los cuales la posibilidad es una cuestión de grado.

En opinión de este autor (2002, 236), “la más importante desventaja de la teoría de probabilidades consiste en que no posee la capacidad para procesar información basada en la percepción, la sensación, la expectativa; esto debido a que la teoría de probabilidades no cuenta con mecanismos para representar el significado de las percepciones, y computar dichas representaciones”.

Por otra parte, los datos inciertos son percepciones granulares, es decir, percepciones borrosas de variables no precisamente definidas, y valores percibidos de variables agrupadas en gránulos, entendiendo por gránulos un cúmulo de puntos similares y funcionalmente próximos entre sí.

Es importante afirmar, que lo incierto y lo aleatorio se asocian sin inconveniente alguno, puesto que la certeza es un caso particular tanto de la aleatoriedad como de la incertidumbre. Lo aleatorio y lo incierto convergen a manera de variables aleatorias borrosas, procesos estocásticos borrosos o, más integralmente, en lo que se denomina “razonamiento probabilístico basado en la percepción” (Zadeh L. , 2002).

De todas maneras, en el proceso de decisión es importante observar la naturaleza de los problemas económico – financieros, para evitar hacer borroso aquello que no lo es o determinar cómo cierto o aleatorio lo que es borroso.

2.2.2. Caracterización de la Lógica Borrosa

El concepto básico de lógica difusa desarrollado por Zadeh (Zadeh, L. 1965) se origina en la teoría clásica de conjuntos. Zadeh amplió la teoría clásica de conjuntos para poder operar con clases definidas por predicados vagos y logró esa ampliación generalizando el concepto de pertenencia a un conjunto **A** para el que sólo existían, a ese momento, dos posibilidades: **x** pertenece a **A** o **x** no pertenece a **A**, usando el valor **1** (pertenencia completa) o **0** (no pertenencia), respectivamente. Zadeh introdujo la idea de los conjuntos borrosos, caracterizados por funciones características generalizadas o funciones de pertenencia, cuyos valores no son sólo los números 0 y 1, sino todos los números entre 0 y 1; la pertenencia deja de ser abrupta para ser gradual, de tal manera que un enunciado no necesariamente es verdadero o falso.

El cálculo de Zadeh facilitó una vía para representar y gestionar el razonamiento con predicados vagos. Un conjunto borroso pasa a clásico cuando su función de pertenencia toma únicamente los valores 0 y 1; de esta manera el cálculo lógico clásico queda englobado en el cálculo lógico borroso, que resulta más general, y la precisión aparece como un caso límite de la vaguedad o imprecisión. Es decir, con el punto de vista aportado por Zadeh, lo normal es la imprecisión y lo extraordinario es la precisión, a la que no es fácil llegar sin perder riqueza conceptual.

2.2.3. Tratamiento matemático de la Lógica Borrosa

2.2.3.1. Conjuntos Borrosos

Sea **E** un conjunto continuo o discreto, se llama subconjunto borroso de **E** (en inglés fuzzy set) a todo conjunto de pares ordenados:

$$\mathbf{A} = \{ (x, \mu_{\mathbf{A}}(x)), \quad \forall x \in E \}$$

Ecuación 2.1

$\mu_{\mathbf{A}} : E \rightarrow [0, 1]$ es la función característica de pertenencia.

$\mu_{\mathbf{A}}(x)$: es el grado o nivel de pertenencia de **x** a **E**.

Podemos analizar el concepto anterior con el siguiente ejemplo. Sea un conjunto de inversiones $E = \{a, b, c, d, e, f\}$, tal que a: bonex, b: acciones, c: fondo de inversión, d: plazos fijos, e: bonos Brady, f: otros activos.

En un determinado período “a” resultó una muy buena inversión, “b” mala, “c” ni buena ni mala, “d” muy redituable, “e” bastante buena y “f” bastante mala.

Podemos definir en el conjunto de inversiones E , el siguiente subconjunto borroso:

$$A = \{(a, 1), (b, 0), (c, 0.5), (d, 0.9), (e, 0.7), (f, 0.4)\}$$

El conjunto A , o cualquier conjunto borroso incluido en un referencial finito, también puede expresarse de la siguiente manera:

x	a	B	c	d	e	f
$\mu_A(x)$	1	0	0.5	0.9	0.7	0.4

La representación puede verse en la figura 2.8:

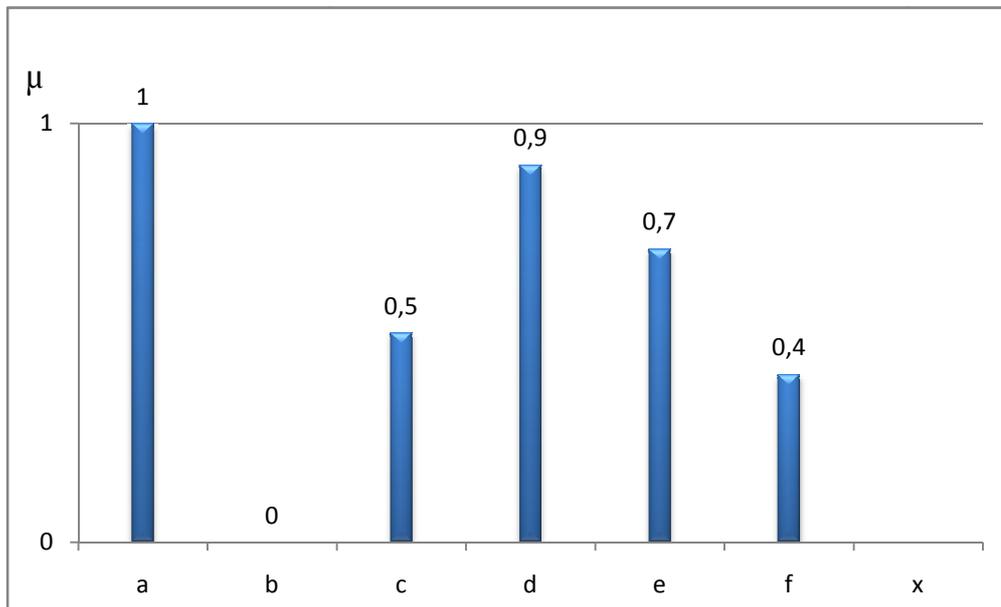


Figura 2.8. Conjunto borroso A
Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Igualdad e Inclusión de Subconjuntos Borrosos

Sean **A** y **B** dos subconjuntos borrosos de un mismo universo **E**.

- **Igualdad:** **A** y **B** son iguales si y sólo si los valores de sus funciones de pertenencia son idénticos (toman los mismos valores para todo x perteneciente a **E**).

$$A = B \Leftrightarrow \forall x \in E : \mu_A(x) = \mu_B(x)$$

Ecuación 2.2

- **Inclusión:** **A** está incluido en **B** o **A** es un subconjunto de **B** si y sólo si todos los valores de la función de pertenencia de **A** son respectivamente menores o iguales que los correspondientes de **B**.

$$A \subset B \Leftrightarrow \forall x \in E : \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

Ecuación 2.3

2.2.3.3. Operaciones con Subconjuntos Borrosos

Con los subconjuntos borrosos pueden definirse las mismas operaciones que con los clásicos. Daremos aquí las definiciones las llamadas operaciones fundamentales, utilizando las mismas definiciones que para los conjuntos clásicos generalizadas.

Dados dos subconjuntos borrosos **A** y **B** de un mismo universo **E**.

- **Unión:** **A** \cup **B** es el subconjunto borroso de **E** cuya función de pertenencia es:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad \forall x \in E$$

Ecuación 2.4

La representación puede verse en la figura 2.9:

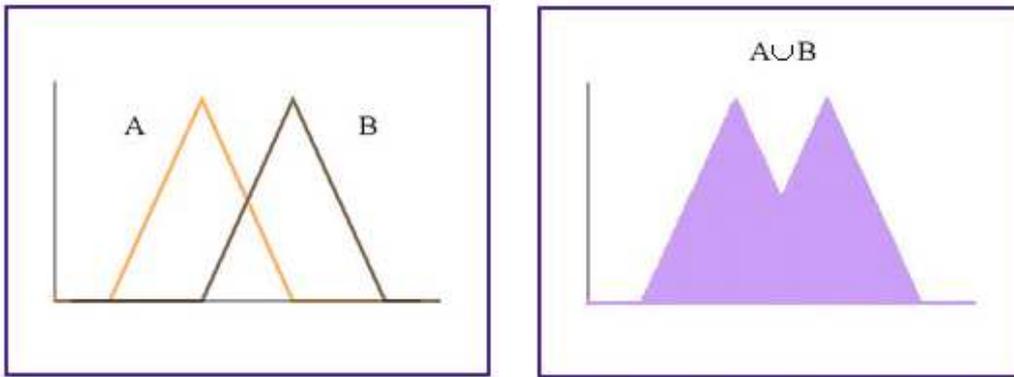


Figura 2.9. Unión del subconjunto borroso **A** y del subconjunto borroso **B**
Fuente: elaboración propia.

- **Intersección:** $A \cap B$ es el subconjunto borroso de E cuya función de pertenencia es:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad \forall x \in E$$

Ecuación 2.5

La representación puede verse en la figura 2.10:

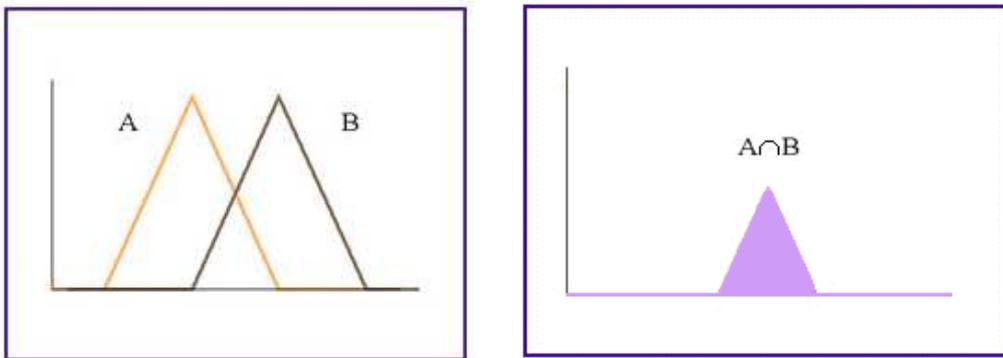


Figura 2.10. Intersección del subconjunto borroso **A** y del subconjunto borroso **B**
Fuente: elaboración propia

- **Complemento:** \bar{A} es el subconjunto borroso de E cuya función de pertenencia es

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad \forall x \in E$$

Ecuación 2.6

La representación puede verse en la figura 2.11:

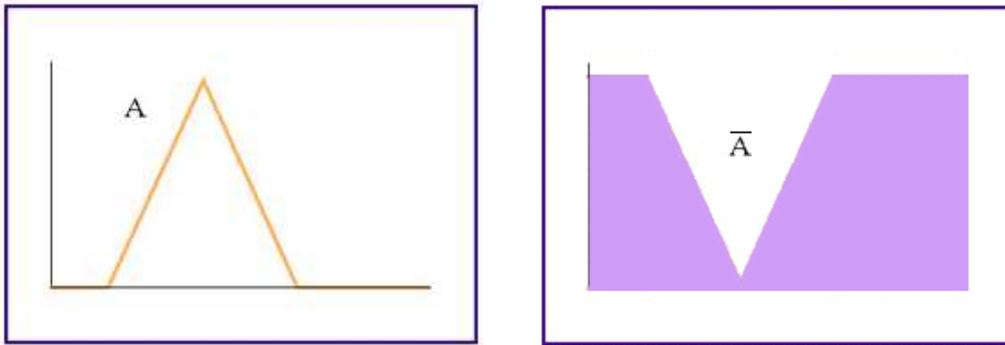


Figura 2.11. Complemento del subconjunto borroso **A**

Fuente: elaboración propia

2.2.3.4. Números Borrosos Triangulares

Se define que un número borroso es un subconjunto de los números reales con una función de pertenencia que es una imagen (mapeo) continuo de la línea real en el intervalo $[0,1]$. Esa función se puede considerar una función de posibilidad: la máxima posibilidad es 1.

Un número borroso puede tener distintas formas, según las características de la imprecisión que refleja, y la función de pertenencia puede ser lineal o no lineal. Las funciones lineales triangular y trapecial son fáciles de interpretar, y por eso son las de uso más difundido en las estimaciones económicas y de negocios.

Un número borroso triangular (que se suele abreviar NBT, o TFN, *triangular fuzzy number*) se especifica como $[a, m, b]$, donde **a** y **b** son el límite inferior y superior, y **m** es el valor de máxima posibilidad (o presunción). La función de pertenencia es cero para cualquier número fuera de los extremos **a** y **b**, y es creciente entre **a** y **m** y decreciente entre **m** y **d**. Por ejemplo, una tasa de actualización se estima entre 9% y 11%, y la que se considera más posible es 10%.

Formalmente, la función de pertenencia de un número borroso triangular **A** es:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a \leq x < m \\ 1 & \text{para } x = m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{para } m < x \leq b \\ 0 & \text{los demás} \end{cases}$$

En la figura 2.12 se muestran los números borrosos triangulares; el eje horizontal es la magnitud de la variable, y el eje vertical es la posibilidad o presunción (entre 0 y 1).

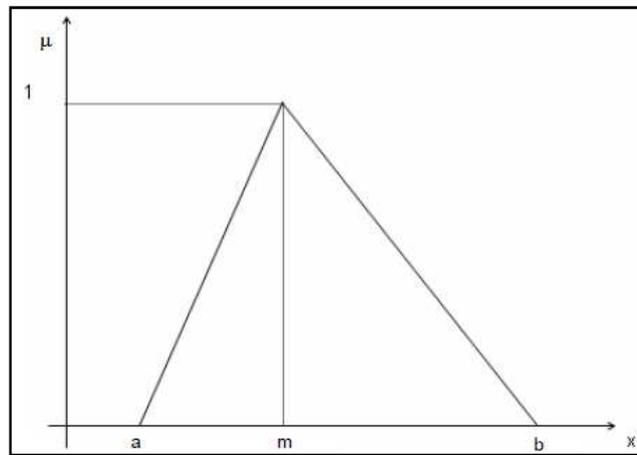


Figura 2.12. Números borrosos triangulares

Fuente: elaboración propia

2.2.3.5. Intervalos α -cortes

Un número borroso se describe mediante intervalos con los denominados α -cortes (α -cuts), que son intervalos simples con posibilidad de ocurrencia α . La posibilidad se expresa entre 0 y 1, y entonces el intervalo con posibilidad 0,5 será más amplio que el intervalo con posibilidad 0,75 y más estrecho que el intervalo con posibilidad 0,25.

Un α -corte de un número borroso **A** se designa como $A^\alpha = [A_{\text{inf}}^\alpha, A_{\text{sup}}^\alpha]$. También se suele usar la notación $A^\alpha = [\underline{A}^\alpha, \bar{A}^\alpha]$.

La figura 2.13 muestra α -cortes de un número triangular. Un número borroso, entonces, se puede ver como un conjunto de intervalos anidados.

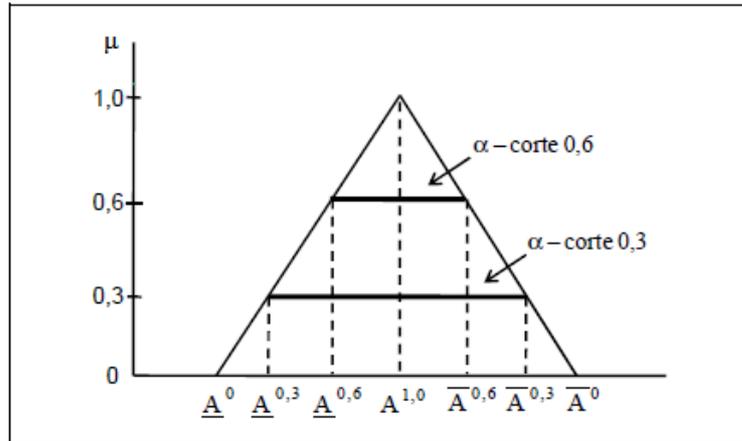


Figura 2.13. Ejemplo de α -cortes de un número borroso triangular
Fuente: elaboración propia

Si A es un número borroso triangular **NBT** $[a, m, b]$, el intervalo se calcula:

$$A_{\text{inf}}^{\alpha} = a + \alpha (m - a) \quad \text{Ecuación 2.7}$$

$$A_{\text{sup}}^{\alpha} = b - \alpha (b - m) \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Por ejemplo, el volumen de ventas se estima $[300, 450, 550]$. Los intervalos para los cortes de posibilidad son $[300 + 150 \alpha, 550 - 100 \alpha]$. Para $\alpha = 0,5$, el intervalo es $[375, 500]$.

Los α -cortes se pueden considerar como escalas semánticas con una determinada cantidad de niveles. Según Kaufmann y Gil Aluja (1993, 89 - 90), las escalas semánticas más usadas en aplicaciones de la teoría de subconjuntos borrosos con el fin de matizar los niveles de verdad, son las que se detallan en la tabla 2.5.

Escala ternaria	
0	Posibilidad extremadamente baja
0,5	Posibilidad media o intermedia
1	Máxima posibilidad

Escala pentaria	
0	Posibilidad extremadamente baja
0,3	Baja posibilidad
0,5	Posibilidad media o intermedia
0,8	Alta posibilidad
1	Máxima posibilidad

Escala endecadaria	
0	Posibilidad extremadamente baja
0,1	Muy baja posibilidad
0,2	Baja posibilidad
0,3	Bastante poco posible
0,4	Poco posible
0,5	Posibilidad media o intermedia
0,6	Más o menos posible
0,7	Bastante posible
0,8	Muy posible
0,9	Alta posibilidad
1	Máxima posibilidad

Tabla 2.5 Escalas semánticas

Fuente: Adaptada de Kaufmann y Gil Aluja (1993, 89 - 90), Nuevas Técnicas para la Dirección Estratégica

El extremo inferior (0) puede verse como imposible (en lógica, la proposición es falsa). Sin embargo, en las estimaciones de posibilidad representa la creencia de que es un valor “prácticamente imposible”, aunque tiene algo de posibilidad (y por eso se lo considera): implica decir que es estrictamente imposible un valor menor que ése.

Lo mismo se considera con el extremo superior (1): es la máxima posibilidad (en lógica, la proposición es verdadera), pero no implica certidumbre sino máxima confianza de que ése es el valor que se observará. El punto medio 0,5, es de indeterminación (en lógica, equivale a decir “ni verdadero ni falso”).

Cuando se usan números borrosos triangulares o trapeciales, las escalas de tres o cinco niveles son suficientes para reflejar el comportamiento en los intervalos con α -cortes: por ejemplo, $\alpha = 0$, $\alpha = 0,5$, $\alpha = 1$.

Si se estiman números borrosos con más parámetros, o no lineales, o bien el número borroso resultante de operaciones puede tener una figura que no es definidamente triangular o trapezoidal, es conveniente que la descripción con α -cortes se haga con una escala endecadaria. Por esto, una de las desventajas de la aritmética borrosa es que los α -cortes significativos puede que no sean los mismos en todas las variables.

2.3. MODELOS DE VALUACIÓN. OPCIONES REALES.

2.3.1. El Concepto de Valuación de Empresas y la Flexibilidad Estratégica

La valuación de empresas, proyectos o estrategias es un proceso intelectual y subjetivo donde las previsiones realizadas sobre el comportamiento de las empresas se transforman en una medida de valor. En otras palabras, es el camino a transitar para reducir, en un grupo de parámetros, la proyección de variables cualitativas y cuantitativas relacionadas con el valor de la inversión. Es una actividad integradora donde:

- a. Se identifican las fuentes del valor (atributos).
- b. Se cuantifican y proyectan los fundamentos del valor (proyecciones).
- c. Se establecen los parámetros necesarios para tomar la decisión de inversión (rendimiento y riesgo).

El resultado implica transformar el conocimiento actual y las proyecciones del activo real en valor. El valor intrínseco de un activo real, obtenido en el proceso de valuación, consiste en la suma de los valores actualizados representativos de la ganancia futura de la firma a la fecha de la valoración. Este valor proviene de los fundamentos de ganancia y riesgo del activo, es decir, de las características tangibles, intrínsecas y descriptivas, propias de la capacidad de generar futuros beneficios. Por lo tanto, un método de valuación de activos reales debe integrar los elementos indicados, sin perjuicio de que algunas de las propuestas tengan una visión parcial del valor a raíz de su restringido alcance.

Se puede ensayar una primera aproximación a los métodos de valuación dividiéndolos en enfoques estáticos y dinámicos²:

²Los modelos estáticos y dinámicos no se enfrentan, por el contrario, ambos tratan de capturar dos caras del valor: los primeros el valor actual derivado de las estrategias de la empresa, sin considerar las potenciales flexibilidades, las cuales son valuadas por el segundo grupo. Los modelos estáticos son generales, ya que pueden ser utilizados a partir de la información pública y disponible para los agentes en el mercado de capitales. Los segundos implican un conocimiento más profundo de la organización, donde necesariamente se debe trabajar con información privada. Por ello, los modelos estáticos son el comienzo en el proceso de valuación, complementando sus resultados con los enfoques dinámicos como estimación del valor en un segundo nivel de análisis.

a) *Estáticos*: se caracterizan por estimar el valor de la firma sin considerar las flexibilidades propias de las potenciales alternativas, tanto estratégicas como tácticas, producto del comportamiento futuro de la organización. La valuación que considera solamente los cursos de acción actualmente proyectados es estática, su finalidad es la de establecer un valor general de la empresa en marcha. Este enfoque se encuentran:

- *Valores Históricos*: basados en el criterio de costos y en los cuales se engloban los métodos contables.
- *Múltiplos y Comparables*: siendo los de mayor difusión los ratios: Precio-Ganancia (PER); Valor de Mercado-Valor de Libros, *Enterprise Value*; *Q-Tobin* demás múltiplos de acuerdo a las características de la inversión.
- *Valores Intrínsecos*: donde el valor se estima a partir de la corriente estática de beneficios esperados. Los clásicos modelos de valoración están dados por el Descuento de Flujos de Fondos (DFF) en sus diferentes variantes (Descuento de Flujos de Fondos con Costo Promedio Ponderado de Capital, Flujos a Capital, Valor Presente Ajustado) y los métodos basados en el criterio del Beneficio Económico (Ganancias Residuales y Valor Económico Añadido). Dada su amplia difusión, un breve apartado merece el método de Descuento de Flujo de Fondos (DFF).

El método de Descuento de Flujos de Fondos (DFF): Bajo esta metodología de valuación los beneficios y costos asociados a un proyecto son actualizados empleando una tasa ajustada por el riesgo representativo de la inversión evaluada. El valor actual de los flujos de fondos se adiciona y a posteriori se sustrae el costo de la inversión, con el objeto de determinar la contribución marginal a la riqueza de la firma y del propietario de los fondos. El DFF tiene criterios de decisión claros y coherentes para todos los proyectos, hace que sea fácil de comunicar a la administración. Sin embargo el método supone que las decisiones que afectan la corriente de beneficios esperados se realizan en su totalidad a fecha de valuación, asumiendo un rol estático de parte del *management* (Milanesi, 2012).

En los proyectos de inversión en TI estas condiciones no se cumplen, ya que muchas de las decisiones sobre el proyecto se diferieren hasta un punto posterior en el tiempo, en la que hay disponible más información, acotando los niveles de incertidumbre. En realidad muchos proyectos de TI se gestionan activamente con la necesidad de tomar decisiones en el tiempo como ampliar, reducir, diferir o abandonar el proyecto. La flexibilidad estratégica (Trigeorgis, 1995) en la gestión, es un elemento clave en todos los proyectos de TI, ya que permite incorporar toda nueva información en la toma de decisiones a medida que el proyecto avanza.

Sin dejar de reconocer el importante uso del DFF a la hora de estimar el valor de un activo real, cabe señalar que una de las principales debilidades que posee consiste en que supone la irreversibilidad de la inversión. Es decir, no considera la flexibilidad estratégica o táctica propia de los diferentes cursos de acción que pueden tomar el activo real objeto de valoración ni el alto grado de incertidumbre. Por ello, el DFF es considerado dentro del grupo de modelos estáticos, ya que no tiene en cuenta la posible información que pueda surgir durante su ejecución, que puede alterar el escenario en el que se incluyen (Dixit & Pindyck, 1994).

- b) *Dinámicos*: su principal atributo reside en el hecho de que dentro de este grupo se captura no solamente el valor actual de los flujos de fondos propios de las estrategias y tácticas vigentes al momento de valuación, sino que también se incorpora el valor de la flexibilidad estratégica de la empresa (abandonar, diferir, expandirse, contraerse, cierre-apertura, inversiones escalonadas, diversificación financiero-tecnológica-mercados y opciones múltiples). Dentro de este grupo se encuentra el enfoque de Opciones Reales (*Real Option Analysis*, ROA).

En la siguiente figura se presenta una matriz donde se relacionan el valor capturado por el modelo (histórico-intrínseco o teórico) y el grado de flexibilidad estratégica incorporado en el valor (estáticos-dinámicos).

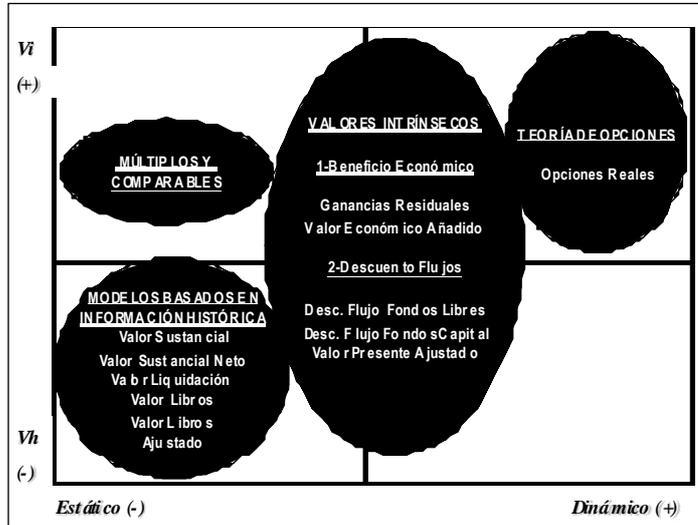


Figura 2.14. Matriz métodos de valuación valores y flexibilidad
 Fuente: Milanesi, G. Teoría Financiera y Valuación

2.3.2. OPCIONES REALES.

2.3.2.1. La Teoría De Opciones Reales. Introducción

La Teoría de Opciones Reales (OR) ofrece un complemento al DFF, ya que considera la variabilidad vinculada al dinamismo derivado de la ejecución y concreción de las metas y objetivos propios de la inversión, por ello es considerada dentro del grupo de modelos dinámicos.

Las raíces del enfoque nacen en los trabajos de Black y Scholes (1973) y Merton, (1973); para opciones financieras; y en el campo de los activos reales en el trabajo de Myers, (1977) sobre la opción de crecimiento. A partir de estos trabajos, el campo de opciones ha observado un significativo desarrollo que va desde la valuación de simples opciones (abandono, diferimiento, expansión, contracción) hasta el tratamiento de flexibilidades de mayor complejidad (intercambio de tecnología, opciones compuestas, varias fuentes de incertidumbre). Además, el presente enfoque se complementa con el tratamiento analítico del comportamiento correspondiente a los agentes en el contexto, a través de la Teoría de Juegos.

En la literatura se pueden encontrar diferentes propuestas analíticas para el tratamiento de categorías específicas de opciones, entre ellos, los principales trabajos para cada tipología:

- Opción de Diferimiento ((Mc Donal, R. - Siegel, J. 1986); (Paddock, J.-Siegel, D.- Smith, J. 1988); (Ingersoll, J.- Ross, S. 1992))
- Opción de Crecimiento ((Myers, S. 1977); (Pindyck, R. 1988); (Trigeorgis, L. 1988); (Smit, J. 1996))
- Opción de Abandono ((Myers, S.- Majd, S. 1990));
- Opciones de expandir-contrair o extensión de la vida útil ((Trigeorgis, L.- Mason, S. 1987); (Keema, A. 1988));
- Opción de cierre temporario o corte del proceso productivo ((Brennam, M.- Schwartz, E. 1985); (Brennan, M.- Schwartz, E. 1985));
- Opción de intercambio ((Margrabe, W. 1978); (Kulatilaka, N. 1988); (Kulatilaka, N.- Trigeorgis, L. 1994); (Kulatilaka, N. 1995);
- Opciones financieras de insolvencia ((Mason, S.- Merton, R.1985); (Trigeorgis, L. 1993).

Paralelamente, el enfoque de opciones reales se complementa con el análisis de decisiones, incorporando tópicos como:

- riesgos de mercado y riesgos privados (Smith, J.-Nau, R.1995);
- inexistencia completa de activos financieros replicantes y el enfoque *MAD* (*MarketedAssetDisclaimer*, ((Copeland, T.- Antikarov, V. 2001) ;(Copeland, T.- Tufano, P.; 2004));
- Opciones Reales y Teoría de Juegos (*RO y GamesTheory*, (Smit, H.-Trigeorgis, L. 2004).

Asimismo, los métodos de resolución en tiempo continuo exigen utilizar los siguientes sistemas:

- ecuaciones diferenciales estocásticas en tiempo continuo (Dixit, A.- Pindyck, R. 1994);
- ecuaciones diferenciales estocásticas en tiempo discreto, utilizando árboles o grillas binomiales ((Cox, J.- Ross, S.-Rubinstein, M. 1979); (Hull, J. 2006)).

No es el objetivo de esta tesis desarrollar un estudio pormenorizado de los diferentes modelos de opciones reales en la literatura financiera, se pretendió reseñar brevemente los trabajos seminales que dieron origen a los mismos. A continuación se exponen los modelos de valoración de opciones agrupados bajo la lógica probabilística y borrosa. Primero se establecen las diferencias entre modelos financieros probabilísticos y borrosos. Segundo se propone una nueva clasificación de los modelos de valoración de opciones según sean probabilísticos o borrosos. Finalmente se formaliza el modelo binomial y el modelo binomial borroso como alternativa para valorar inversión en TI en contextos carentes de información donde impera la vaguedad.

2.3.2.2. Inversión en TI y Opciones Reales: Probabilística y Borrosa.

Conforme fue señalado precedentemente la evaluación de decisiones de inversión en activos reales a través de métodos tradicionales, como el descuento de flujos de fondos no captura la total flexibilidad estratégica del proyecto o inversión. Esto se debe principalmente a suponer irreversibilidad de los flujos de fondos (Dixit y Pindyck, 1994), ya que proyecta comportamientos pasivos vinculados a las acciones de la gerencia en función a determinadas estrategias operativas de la empresa (por ejemplo: el inicio inmediato del proyecto y su continuo funcionamiento en base a una capacidad de planta (escala) hasta el fin del horizonte de proyección especificado) (Mun, 2004). El actual ambiente de mercado, caracterizado por el constante cambio, incertidumbre e interacción competitiva de los agentes, los flujos de fondos obtenidos probablemente se apartan de la corriente de beneficios esperados por la gerencia de la firma. Con el paso del tiempo se resuelve la incertidumbre propia de las condiciones de mercado y flujos de fondos esperados debido a que gradualmente ingresa nueva información que realimenta y corrige las expectativas gerenciales. Este hecho permite alterar las condiciones iniciales bajo las cuales se proyectó la inversión (por ejemplo; diferir, expandir, contraer, abandonar, o alterar el proyecto en diferentes etapas de su vida) y tomar decisiones en orden de capturar beneficios de las nuevas oportunidades o reaccionar para mitigar potenciales pérdidas. La teoría financiera incorpora la flexibilidad estratégica en la estimación del valor del proyecto, mediante la adaptación de la teoría de opciones financieras a la valuación de activos reales. El resultado son los modelos de opciones reales que capturan el valor adicional generado por la toma de decisiones gerenciales mejorando oportunidades de mercado y limitando potenciales pérdidas, a diferencia de las expectativas iniciales de una gerencia pasiva. La flexibilidad estratégica aludida genera asimetría de valor (igual que en las opciones financieras) y devenga un nuevo criterio de decisión, el valor expandido o estratégico (Trigeorgis, 1997) como la suma del valor actual neto estático y el valor de las opciones reales operativas y estratégicas. Este último componente del valor expandido se manifiesta como un conjunto de “opciones reales” incorporadas en los proyectos de inversión de la firma³, donde el activo subyacente está representado por el valor actual de los flujos de fondos libres del activo real.

³ Muchas de estas opciones se manifiestan de manera natural (diferimiento, contracción, cierre temporario, abandono) otras pueden ser planeadas y construidas con el pago de un costo (expandir capacidad de planta, construir opciones de crecimiento, opción de abandonar cuando el proyecto es secuencial, intercambio de tecnologías).

Los modelos de opciones reales requieren para su aplicación de mercados completos, eficientes y perfectos que permiten trabajar con activos financieros gemelos, carteras réplicas y argumentos de arbitraje que permitan imitar los flujos de fondos del proyecto; (Smith y Nau, 1995), (Wang y Halal, 2010).

Los modelos de valoración financiera y los de opciones reales originalmente son desarrollados en términos probabilístico (probabilidad). En los últimos años ha surgido una corriente de modelos de valoración de opciones que hace uso de la matemática borrosa (*fuzzy sets*). Los modelos probabilísticos definen grados de incertidumbre (Landro, 2010), a diferencia de los modelos borrosos, en donde estos se caracterizan por emplear escalas semánticas que definen niveles de ambigüedad-vaguedad en términos de posibilidades; (Fornero, 2012). Estos modelos son adecuados para situaciones en donde la falta o carencia de información transforma un panorama totalmente incierto en una situación ambigua. Algunas ventajas de los modelos de valuación de opciones borrosas residen en: (a) definir escalas semánticas de posibilidad donde se sostienen la facilidad de comprensión e interpretación en la toma de decisiones empresariales (Kinnunen, 2010); (b) permiten capturar el sesgo positivo propio del potencial valor correspondiente de la flexibilidad estratégica (Carlsson y Fuller, 2003) y (c) ser complementarios a los modelos de valuación probabilística, en particular en situaciones de valoración de activos reales como proyectos de inversión de base tecnológica, nuevos productos o estrategias innovadoras, empresas de capital cerrado o firmas que operan en mercados emergentes, donde las condiciones del mercado financiero no son propicias para la construcción de carteras replicantes de los flujos de fondos del proyecto objeto de valuación.

2.3.2.3. Clasificación de los Modelos Probabilísticos y Borrosos de Opciones Reales.

A continuación se referencian los principales modelos y derivaciones de estos para valorar opciones reales. Con el objeto de trazar una línea divisoria según sea el enfoque es que estos son clasificados en probabilísticos y borrosos. A su vez los primeros se dividen: (a) tiempo continuo y sus derivaciones donde se encuentran los desarrollos seminales de la Teoría de Opciones; (b) discretos y sus derivaciones donde surgen la mayoría de las propuestas en el campo de las Opciones Reales. El segundo grupo se cimienta en las nociones de conjunto borrosos y se clasifican en tres grupos: (a) modelos continuos borrosos; (b) el método de flujos de fondos borrosos; (c) modelos binomiales borrosos. En la siguiente figura se exponen las ideas precedentes;

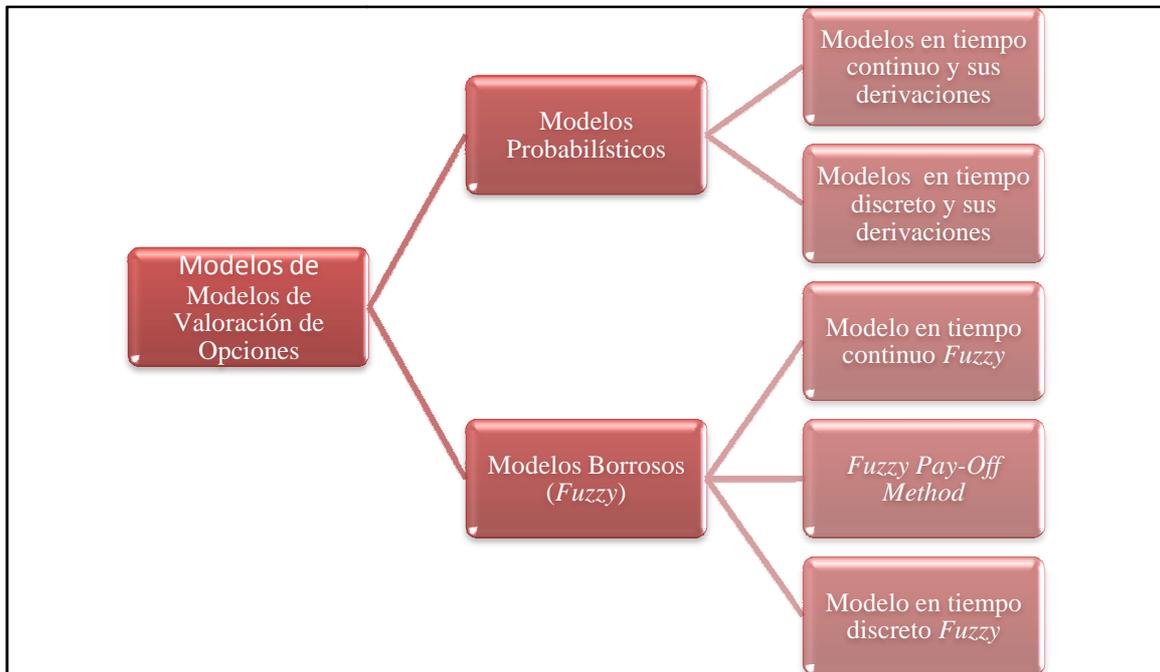


Figura 2.15. Modelos de valoración de opciones probabilístico y borrosos
Fuente: Elaboración propia

A - Modelos Probabilísticos:

I) Modelos en tiempo continuo y sus derivaciones: La teoría de opciones reales nace con el modelo de valoración para opciones europeas conocido como Black-Scholes y el posterior aporte de Merton; (Black, y Scholes, 1973); (Merton, 1973). Varias han sido las transformaciones y adecuaciones desde su formulación original, estas han avanzado introduciendo modificaciones al proceso estocástico sobre el subyacente; incorporando cantidad de momentos estocásticos de orden superior, definiendo complejidad, características y estructura de la opción (exóticas-simples), introduciendo imperfecciones y efectos del mercado (apalancamientos del subyacente), entre otras; (Dixit y Pindyck, 1994); (Luherman, 1998); (Copeland y Tufano, 2004); (Baliero Filho y Rosenfeld, 2004); (Hull, 2006); (León, Mencia y Sentaria, 2007); (Haug Gaarder, 2007); (Wilmott, 2009). Los modelos en tiempo continuo mayoritariamente reconocen su campo de aplicación en la valoración de opciones financieras. No obstante existen métodos que derivan en sencillos algoritmos utilizando modelos en tiempo continuo para valorar opciones reales. Estos respetan los supuestos de cartera réplica del modelo BMS empleando las técnicas de escenarios y simulaciones con el objeto de inferir la distribución de probabilidad de los posibles valores del subyacente. El valor de la flexibilidad estratégica surge del promedio de valores positivos asignando valor cero a los negativos; (Datar y Mathews, 2004); (Datar, Mathews y Johnson, 2007).

II) Modelos en tiempo discretos y sus derivaciones: La valuación de la flexibilidad estratégica en proyectos de inversión, empresas en marcha y activos reales ha quedado reservada preferentemente para los modelos planteados en tiempo discreto. Estos son utilizados preferentemente en el planteo de modelos de decisión y en la mayoría de las aplicaciones de opciones reales (Trigeorgis, 1995); (Trigeorgis, 1997); (Luherman, 1998); (Amram y Kulatilaka, 1998), (Mun, 2004), reconociendo sus raíces en el clásico modelo binomial; (Cox, Ross y Rubinstein, 1979). Debido a su versatilidad se adapta a distintas modalidades y adecuaciones según: (a) se trabaje con rejillas o árboles (Brandao, Dyer y Hahn, 2005); (Smith, 2005), (b) sea binomial o trinomial; (Rendleman y Bartter, 1979); (Jarrow y Rudd, 1982); (Boyle, 1988), (Rubinstein, 2000); (Jabbour, Kramin y Young, 2001); (c) probabilidades objetivas o equivalentes ciertos y probabilidades implícitas, (Rubinstein, 1994); (Derman, Kani y Chriss, 1996); (Arnold, Crack y Schwartz, 2004); (Arnold y Crack, 2004); (d) momentos estocásticos de orden superior y transformaciones aplicadas a la distribución binomial, (Rubinstein, 1998); (Hahtela, 2010); (Milanesi,

2012); (e) enfoques para la estimación de la volatilidad (*marketed asset disclaimer* (MAD) - riesgos de mercados y privados-volatilidades cambiantes); (Smith y Nau, 1995); (Copeland y Antikarov, 2001); (Haahtela, 2011); (f) aplicaciones de Teoría de Juegos (Smit y Trigeorgis, 2004).

B - Modelos Borrosos (Fuzzy):

En esta categoría se agrupan los modelos que trabajan en un esquema de posibilidad aplicando matemáticas borrosas (*fuzzy*) (Zadeh, 1965); (Dubois y Prade, 1980); (Carlsson y Fuller, 2001). Los algoritmos de valoración y el análisis del riesgo se circunscriben al concepto de posibilidad y el empleo de la matemática borrosa (Fuller y Majlender, 2003), (Kahraman, Ruan y Tolga, 2002). Este grupo resulta ser adecuaciones de los modelos tradicionales de opciones (A- Modelos probabilísticos) a la lógica de los conjuntos borrosos, pudiéndose clasificar en:

I) Modelo en tiempo continuo Fuzzy (MCF): En el clásico modelo de Black-Merton-Scholes se utilizan las nociones de conjuntos borrosos para valorar opciones financieras o reales. Se supone comportamiento borroso mediante el uso de números trapezoidales con el objeto de describir los posibles valores del subyacente (activo financiero o real) y precios de ejercicio respectivamente; (Carlsson y Fuller, 2003); (Carlsson, Fuller, Heikkila y Majlender, 2007).

II) FuzzyPay-Off Method (FPOM): desarrollado por (Collan, Fullér y Mezei, 2009) quienes emplean la técnica de escenarios, trabajando con distribuciones triangulares y valiéndose de las matemáticas borrosas (*fuzzy*). El valor de la opción surge del producto entre el cociente representativo del área de valores positivos sobre el área total de posibles valores del triangula y el valor posible medio del escenario borroso. Los resultados obtenidos con el presente método son consistentes con el método desarrollados por (Datar y Mathews, 2004) y (Datar, Matews y Johnson, 2007).

III) Modelos en tiempo discreto Fuzzy (MDF): Consiste en adecuaciones del tradicional modelo binomial a la lógica borrosa. Esos permiten operar y definir la ambigüedad propia del subyacente mediante números borrosos triangulares o trapezoidales; en particular para estimar los movimientos ascendentes y descendentes (Muzzioli y Torricelli, 2004); (Yoshida, Yasuda, Nakagami y Kurano, 2006); (Zdnek, 2010); (Liao y Ho S, 2010).

2.4. MODELO PROPUESTO: MODELO BINOMIAL BORROSO

2.4.1. Descripción del modelo

La ventaja de la teoría fuzzy aplicada a los modelos de opciones reales consiste en la posibilidad de capturar el sesgo positivo en la distribución de probabilidad de posibles valores del proyecto, rasgo característico de las opciones reales del proyecto (incorporando en el valor el potencial beneficio de la inversión, limitando el riesgo de las posibles pérdidas). Las principales variables que afectan el valor de la opción en el modelo binomial son los factores u y d . La base para su estimación se encuentra en la volatilidad (σ) derivada de la cartera de activos financieros gemelos. En aquellos proyectos en donde no existen activos financieros tranzados que repliquen sus flujos y por ende el riesgo, emerge como alternativa el enfoque MAD. Este supone que el mercado financiero es completo y que el valor del activo réplica del proyecto es representado por el valor actual neto estimado a partir de la proyección de sus flujos de fondos sin flexibilidad, actualizados por tasa que refleje el riesgo de inversiones equivalentes al objetivo de valuación. El proceso estocástico se supone del tipo GBM (*geometric brownian motion*), por ende distribución normal de los rendimientos. La volatilidad se obtiene aplicando la técnica de simulación discreta sobre la tasa de rendimiento proyectada en el primer periodo (z). Para ello es menester calcular el logaritmo del cociente entre el valor actual neto del proyecto en el primer periodo (1) y el momento inicial (0); conforme la siguiente ecuación;

$$z = \ln \left(\frac{VAN_1}{VAN_0} - 1 \right)$$

Ecuación 2.9

Las valoraciones signadas por la vaguedad en la información disponible conducen a resultados de similares características. Es aquí donde se propicia el empleo de números borrosos, cobrando importancia la teoría sobre las distribuciones de posibilidad en relación a la tradicional distribución de probabilidad (Dubois y Prade, 1980), por lo general con números borrosos triangulares. El modelo requiere de estimar factores borrosos; $u'=[u_1, u_2, u_3]$ y $d'=[d_1, d_2, d_3]$ en donde $u_1; d_1$ (peor escenario), $u_2; d_2$ (mejor escenario) y $u_2; d_2$ (caso base). La volatilidad borrosa se estima a través del coeficiente de variación (CV). En este caso σ , puede ser eventualmente, la medida de riesgo inferida con el enfoque MAD.

Las siguientes ecuaciones representan la distribución borrosa de posibilidad de la volatilidad y los factores de ascenso y descenso borrosos;

$$\mathbf{u}' = e^{(\sigma'\sqrt{t})} = [\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3] = [e^{((1-CV)*\sigma)\sqrt{t}}, e^{(\sigma*\sqrt{t})}, e^{((1+CV)*\sigma)\sqrt{t}}]$$

Ecuación 2.10

$$\mathbf{d}' = [d_1, d_2, d_3] = \left[\frac{1}{\mathbf{u}_1}, \frac{1}{\mathbf{u}_2}, \frac{1}{\mathbf{u}_3} \right]$$

Ecuación 2.11

Debido al sesgo que existe en la distribución de posibilidad triangular el factor de ascenso crea mayor valor y el factor de descenso los revierte a cero. El caso base es similar al resultado obtenido en el modelo binomial tradicional. La combinación de los tres resultados crea la distribución de posibilidad y consecuentemente un número borroso en cada nodo de la rejilla binomial. Los coeficientes equivalentes ciertos son obtenidos de los factores de ascenso y descenso (Ecuación 2.10 y 2.11);

$$p'_u = \frac{(1+r) - d'}{u' - d'}$$

Ecuación 2.12

$$\text{y, } p'_d = 1 - p'_u$$

Ecuación 2.12 (bis)

El modelo binomial borroso crea una distribución de posibilidad en cada nodo que maximiza y minimiza los posibles valores del subyacente. Esto se logra combinando el mínimo coeficiente equivalente cierto borroso de ascenso y descenso para el peor escenario. De igual manera el mejor escenario debe ser actualizados con los máximos coeficientes equivalentes ciertos de ascenso y descenso. El caso base se resuelve de similar manera al tradicional modelo binomial. Suponiendo un número borroso triangular (1=peor, 2=base, 3=mejor); las parejas de coeficientes equivalentes ciertos quedan planteadas de la siguiente manera;

$$p'_{u}, p'_{d} = [(p'_{u3}, p'_{d1}); (p'_{u2}, p'_{d2}); (p'_{u1}, p'_{d3})]$$

Ecuación 2.13

Las posibilidades neutrales al riesgo son creadas para expresar los valores extremos de la distribución (Liao y Ho, 2010). Para la construcción de la rejilla binomial borrosa se parte del valor actual neto del proyecto (V_0) estimado con la siguiente expresión

$$V_0 = \sum_{t=1}^n FFL_t p_k^{-t} + FFL_0$$

Ecuación 2.14

Se estima actualizando por el factor p_k la corriente de flujo de fondos proyectada (FFL_t) más el flujo de fondos del periodo actual (FFL_0). Para los siguientes periodos el valor del proyecto se integra por los flujos esperados (primer término de la expresión) más el valor del flujo en el momento actual (segundo término). Para valorar las opciones del proyecto se deben estimar tres rejillas binomiales borrosas a saber:

- Rejilla binomial borrosa correspondiente a la evolución del subyacente descontando los flujos de fondos del periodo actual.
- Rejilla binomial borrosa correspondiente a la evolución de los flujos de fondos para cada periodo en función de la evolución del valor del subyacente.
- Rejilla binomial borrosa con las opciones donde el valor del subyacente surge de la suma de las rejillas precedentes.

Para la estimación de la primera rejilla previamente se debe estimar el ratio flujo de fondos libres a valor actual del proyecto para cada periodo $RF_t = FFL_t / V_{t-1}$. Este representa la magnitud a ser descontada del valor borroso proyectado (V'_t) siendo la expresión utilizada;

$$V'_t = [V'_{t-1} \times (u') \times (1 - RF_{t-1})]; [V'_{t-1} \times (d') \times (1 - RF_{t-1})]$$

Ecuación 2.15

La segunda rejilla, estimación del flujo de fondos borrosos (FF'_t) requiere de aplicar el ratio flujo de fondos-valor actual al valor proyectado borroso estimado precedentemente;

$$FF'_t = [V'_t(u') \times RF_t]; [V'_t(d') \times RF_t]$$

Ecuación 2.16

Finalmente, agregando las rejillas precedentes, se determina el valor borroso para cada nodo del subyacente y estima el valor de las opciones reales

$$VO'_t = \max \{ [FF'_t + (1+r)^{-1} \times (V'_{t+1}(u') \times p'_u + V'_{t+1}(d') \times p'_d)]; [FFOP + FF'_t + (1+r)^{-1} \times (V'_{t+1}(u') \times p'_u + V'_{t+1}(d') \times p'_d)] \}$$

Ecuación 2.17

En la ecuación precedente $FFOP$ representa el valor de las opciones y r la tasa de interés libre de riesgo, tomando en cada nodo borroso el mayor valor entre el proyecto sin opciones (primer término) y con opciones (segundo término). La rejilla binomial borrosa se resuelve recursivamente para cada nodo borroso.

El supuesto de que la distribución de posibilidades de flujos de fondos se encuentra sesgada a la derecha altera la manera de computar el valor medio del número borroso, es decir el valor de la opción real. Suponiendo que $V' = [V_1(\alpha); V_3(\alpha)]$ es un número borroso y $\lambda \in [0,1]$ el valor puntual medio (*crisp mean value*) de V' es definido como

$$E(V') = \int_0^1 [(1-\lambda)V_1(\alpha) + \lambda V_3(\alpha)] d\alpha$$

Ecuación 2.18

Donde λ representa el índice ponderado de “pesimismo-optimismo”; Yoshida, Yasuda, Nakami y Kurano; (2006) y Liao y Ho, (2010) es estimado mediante la siguiente ecuación

$$\lambda = \frac{AD}{AI + AD}$$

Ecuación 2.19

Estimado el índice este se sustituye en la ecuación 2.10 y se tiene el valor borroso esperado de la opción;

$$E(V) = \frac{[(1 - \lambda)V_1 + V_2 + \lambda V_3]}{2}$$

Ecuación 2.20

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Estrategia de la investigación

La investigación aquí presentada es cualitativa. Esta elección se hizo porque, según Maanen (1979), este tipo de estudio tiene como objetivo traducir y expresar el sentido de los fenómenos del mundo social, busca reducir la distancia entre teoría y datos, entre el contexto y la acción. Para Richardson et al. (1999), el estudio cualitativo es adecuado para esta investigación, ya que describe la complejidad de una determinada situación, comprende los procesos dinámicos, y analiza la interacción de ciertas variables.

La estrategia de investigación utilizada corresponde a la elaboración de un estudio de caso referido a la valuación de inversiones en TI.

La investigación involucra una etapa exploratoria para elaborar el instrumento de recolección de datos, y otra cuantitativa que involucra la recolección, validación y análisis de datos.

La unidad de análisis de este trabajo corresponde a una empresa que no utiliza una técnica o método formal para evaluar inversiones en tecnología de la información. Si bien poseen conocimiento de la relevancia del tema abordado, los encuestados se muestran interesados en comenzar a aplicar técnicas apropiadas para evaluar proyectos tecnológicos que los ayuden a tomar mejores decisiones dada mayor complejidad de los negocios.

3.2. Diseño de la investigación

Según Yin (1994), el diseño de una investigación tiene como objetivo principal demostrar los pasos y secuencia lógica que deben ser realizados durante la misma, los métodos utilizados, las unidades de análisis, los criterios de interpretación y el tipo de estudio.

Durante la etapa exploratoria se realizará una extensa revisión literaria, en libros, artículos y otras publicaciones científicas, sobre el tema relacionado con la investigación.

Se elaborará un instrumento de investigación para conocer la percepción que existe en la alta dirección de la empresa para valorar proyectos tecnológicos, y qué herramientas emplean.

Teniendo en cuenta las particularidades que distinguen a los proyectos tecnológicos, se propondrá un modelo, con base en la literatura existente, que contemple tales características, y posteriormente será verificado con un caso de estudio real.

En la última la etapa se realizará un caso de estudio y se utilizarán los métodos estadísticos correspondientes para analizar la confiabilidad del instrumento. Se realizarán entrevistas a los principales ejecutivos de la empresa y del área de TI.

Finalmente, a partir del análisis de datos se determinarán los principales aspectos que ayudan a las empresas a tomar mejores decisiones cuando necesitan evaluar inversiones en proyectos tecnológicos.

3.3. Elaboración del instrumento

El objetivo de los instrumentos de investigación es posibilitar la lectura de la realidad. Este estudio adoptó como principal instrumento el cuestionario, cuyo objetivo es captar las opiniones, creencias, sentimientos, intereses y perspectivas de los encuestados de manera uniforme (Gil, 2002).

Los cuestionarios (Anexos 7.1 y 7.2) fueron preparados en un formulario electrónico utilizando el software Google Drive. Esta herramienta es un programa gratuito basado en Web para crear documentos en línea con la posibilidad de colaborar en grupo. Incluye un procesador de textos, una hoja de cálculo, un programa de presentación y un editor de formularios destinados a encuestas.

El cuestionario tiene como objetivo conocer la percepción que existe en la alta dirección de la empresa respecto de los métodos y herramientas que emplean para valorar proyectos tecnológicos. Además, se hicieron preguntas relacionadas con el perfil de los encuestados posibilitando obtener información, como sexo, edad, área dentro de la empresa, nivel de estudio, tiempo de servicio, y tiempo de ejercicio en la función, que permiten ser respondidas sin la presencia del investigador.

La adopción del cuestionario electrónico tiene ventajas significativas sobre los métodos tradicionales, el bajo costo de administración para su aplicación, lo que reduce el tiempo necesario para gestionar la recolección de datos, la reducción de los posibles errores debidos a una mala interpretación de los encuestados o la duplicación de respuestas, validación y consistencia de las respuestas en línea.

3.4. Elección del modelo

La investigación propone un modelo de valoración específico para las inversiones en TI, que permita contemplar la flexibilidad e incertidumbre. Es así, que se presenta un modelo para el análisis estratégico de inversiones que utiliza un esquema de posibilidad aplicando matemáticas borrosas y distribuciones triangulares.

El primer camino para su desarrollo busca definir grados de incertidumbre (Landro, 2010), el segundo, escalas semánticas que caracterizan niveles de ambigüedad-vaguedad en términos de posibilidades adecuado para situaciones donde la falta de información transforma un panorama incierto en ambiguo (Fornero, 2012).

Así queda fundamentada la elección de modelo, por un lado la Teoría de Opciones Reales permite capturar la flexibilidad estratégica frente a esta tipología de inversiones, caracterizadas por su alto contenido de activos intangibles. No obstante la Teoría de Opciones requiere de los activos financieros gemelos para estimar la volatilidad de los flujos de fondos del subyacente, en este caso el proyecto de inversión, siendo esta el principal insumo para calcular los parámetros del modelo binomial (Cox-Ross-Rubinstein) o del clásico modelo BMS (Black-Scholes-Merton). Las inversiones en TI se caracterizan por ser emprendimientos innovadores donde no existen títulos financieros negociados en el mercado que repliquen la volatilidad de los flujos de fondos del proyecto objeto de análisis. Sin perjuicio de que existen enfoques alternativos como el MAD (*Marketed Asset Disclaimer*; Copeland y Antirakov, 2001), la lógica borrosa permite subsanar la falta de frecuencia de datos (probabilidades objetivas) o creencias sobre estados de la naturaleza de agentes racionales (probabilidades subjetivas). En efecto, permite complementar el enfoque de valuación probabilística, trabajando en el marco de la posibilidad, tal vez más propicio desde el punto de vista semántico para la toma de decisiones empresariales (Kinnunen, 2010).

3.5. Fuentes de los datos

En este punto se describen los procedimientos adoptados para la recolección de los datos necesarios para la investigación. Vale resaltar que se trata de un estudio de caso, y en esta etapa generalmente se recomienda una combinación de técnicas diferentes para obtener datos que garantice una mejor calidad y confiabilidad de los resultados (Yin, 1994). Los datos pueden ser obtenidos por medio de diversas fuentes, tales como análisis de documentos, cuestionarios, entrevistas a personas (Gil, 2002). En este estudio se adoptó, una combinación de las dos primeras – análisis de documentos y cuestionarios.

Inicialmente, se realizó una investigación de instrumentos de acceso público disponible oficialmente para consulta como, informes, documentos, contenido del portal web corporativo.

En la siguiente etapa fueron obtenidos los datos primarios mediante la aplicación del cuestionario a la alta dirección y gerentes de la empresa.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El estudio de los datos de esta investigación consta de dos etapas:

- Realizar un análisis cualitativo de los datos obtenidos del cuestionario respecto de la percepción que tienen los empresarios, profesionales contables y de sistemas sobre las inversiones en TI; y de los modelos que emplean para valorar proyectos tecnológicos.
- Definir el contexto organizacional, y la función de TI dentro de la unidad de investigación; y analizar los resultados del modelo propuesto de valuación de inversiones aplicando un estudio de caso.

4.1. Análisis de la percepción empresarial respecto de TI y forma de valuaciones de inversiones en TI por los profesionales del área contable

Este es un análisis cualitativo de las respuestas realizadas en el cuestionario respecto de la percepción que tienen los empresarios, profesionales contables y de sistemas sobre las inversiones en TI; y de los modelos que emplean para valorar proyectos tecnológicos.

4.1.1. Características de la muestra

La población objetivo a la que se pudo acceder consiste en 30 empresarios y 30 profesionales del área contable. Se obtuvo información de sus emails de cada uno de ellos y se les envió dentro del contenido del mensaje un link individual para acceder al cuestionario electrónico. La totalidad respondieron los formularios completos, y de esta manera las 60 personas fueron seleccionadas como muestra efectiva.

4.1.2. Análisis de la percepción empresarial

Los empresarios que completaron la encuesta pertenecen pequeñas y medianas empresas que realizan actividades correspondientes al sector económico Industrial, Comercial, Transporte, Financiero y Comunicaciones, situadas en la ciudad de Bahía Blanca.

En relación a cómo el empresario valora las inversiones en TI, el resultado obtenido refleja que la mayoría de ellos las consideran como una combinación de gastos y beneficios (ver figura 4.1). Las decisiones de invertir TI son tomadas por el dueño de la empresa y se relacionan con propuestas que mejoren las actividades operativas del negocio.

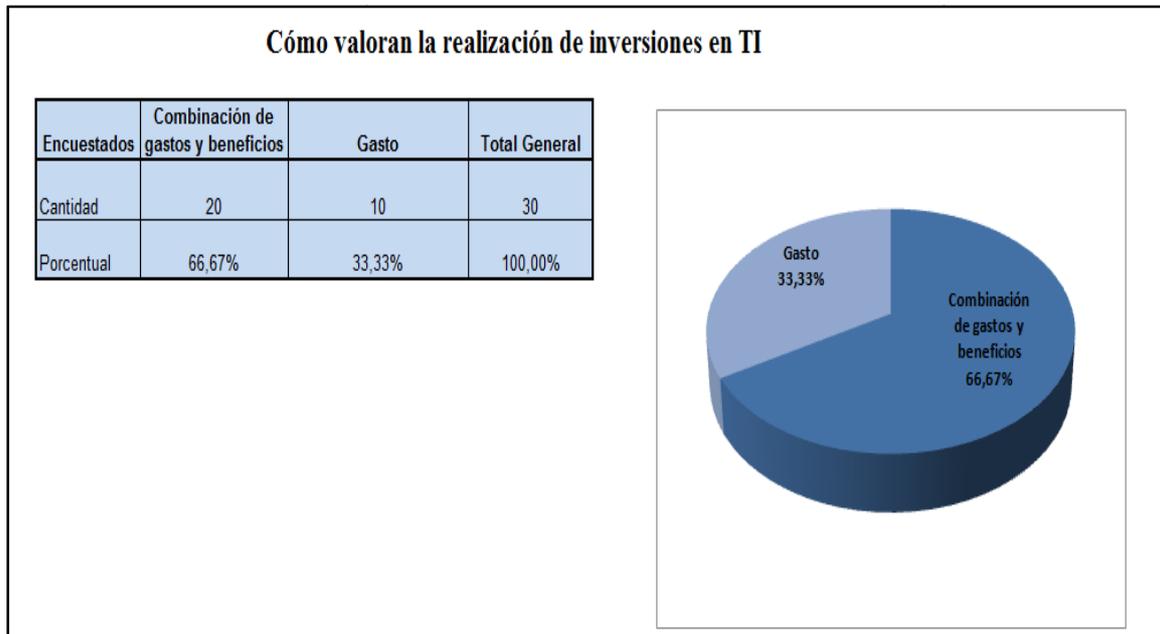


Figura 4.1. Valoración del empresario en cuanto a la realización de inversiones en TI

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los resultados muestra que la mayoría de las respuestas reconocen como una ventaja la decisión de realizar inversiones en tecnología, las cuales permiten mejorar tanto la eficiencia de los procesos internos de la empresa, como en fortalecer las relaciones con los clientes y proveedores (ver figura 4.2).

La evaluación de estas mejoras es informal y no se tienen en cuenta prácticas como aquellas para medir el aporte de TI a la empresa, o medir el nivel de calidad de servicio ofrecido por TI.

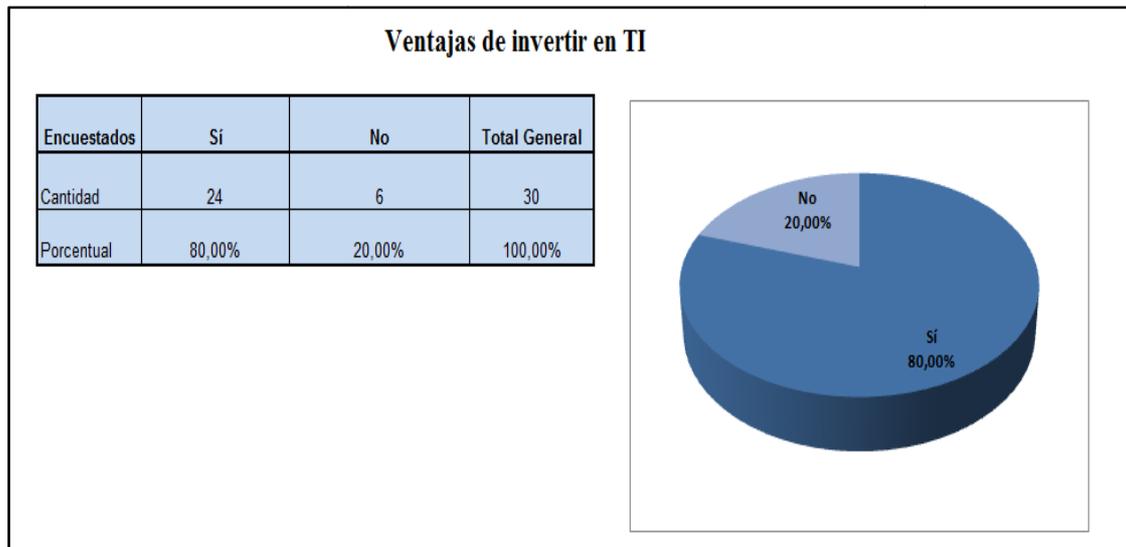


Figura 4.2. Ventajas de invertir en TI

Fuente: Elaboración propia

El estudio indica que para tomar decisiones de inversión se recurre casi en su totalidad a fuentes de asesoramiento técnico (profesionales contables y de sistemas), y en menor medida a analizar las relaciones con el cliente o investigar la competencia (ver figura 4.3).

Los asesores técnicos en conjunto con la alta dirección analizan las propuestas de proyectos para hacer una selección y priorización de los mismos.

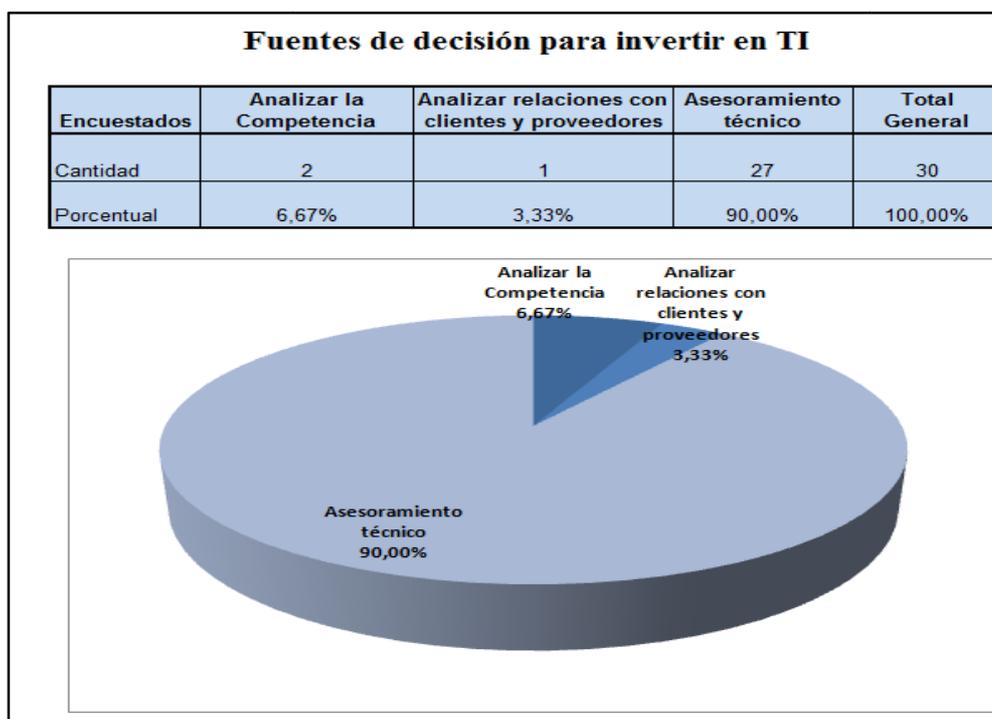


Figura 4.3. Fuentes de decisión para invertir en TI

Fuente: Elaboración propia

La utilización del costo de adquisición por el 77% de los encuestados es el criterio que utilizan para valorar las inversiones en proyectos tecnológicos, mientras el 23% restante lo hace aplicando el valor presente neto (VAN) (ver figura 4.4).

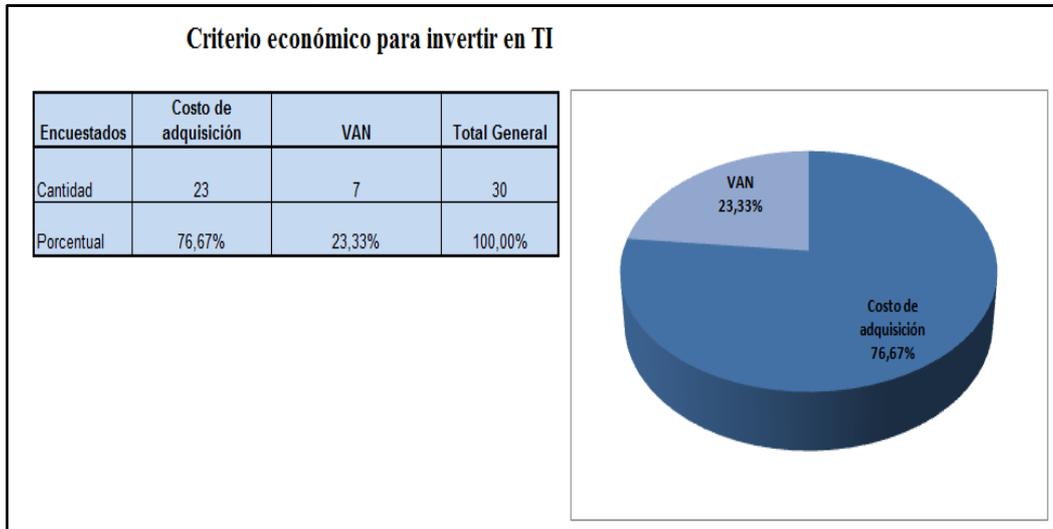


Figura 4.4. Criterio económico para invertir en TI

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demuestra que un 40% de los encuestados *utiliza herramientas o modelos de análisis financiero* como ROI, Análisis de Costo-Beneficio, seguimiento estricto de Presupuesto. En cambio, el 60 % restante no emplea métodos formales para tomar decisiones de inversión (ver figura 4.5).

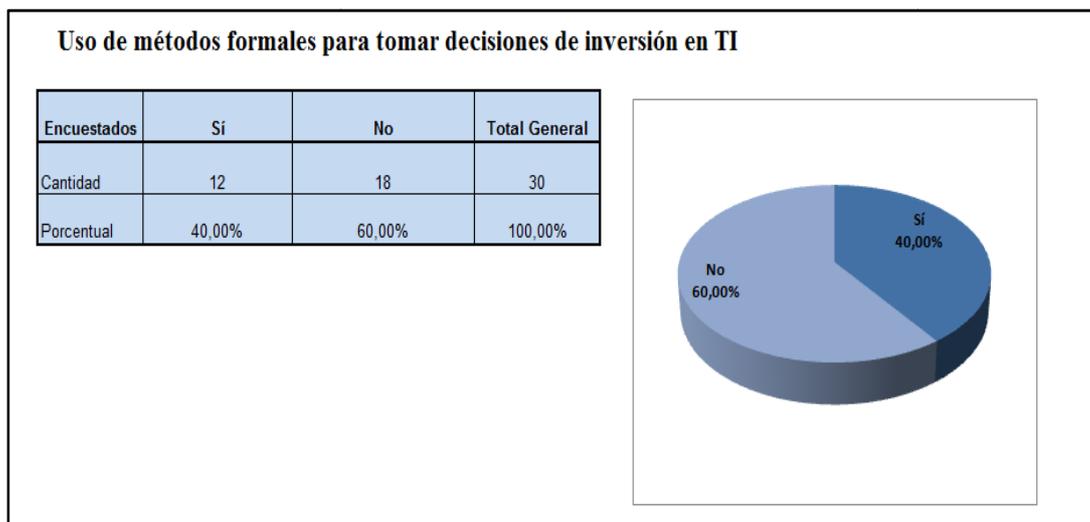


Figura 4.5. Uso de métodos formales para ayudar a tomar decisiones de inversión en TI

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Análisis de la forma de valorar inversiones en TI por profesionales del área contable

Los profesionales que completaron la encuesta han realizado sus estudios en la Universidad Nacional del Sur (UNS) y en su actividad laboral se desempeñan como investigadores, docentes dentro de la UNS, y otros como asesores y personal gerencial en empresas de Bahía Blanca.

Los datos analizados muestran que el 87% de los encuestados considera a la inversión en TI como un activo intangible, y el 13% restante como un gasto (ver figura 4.6).

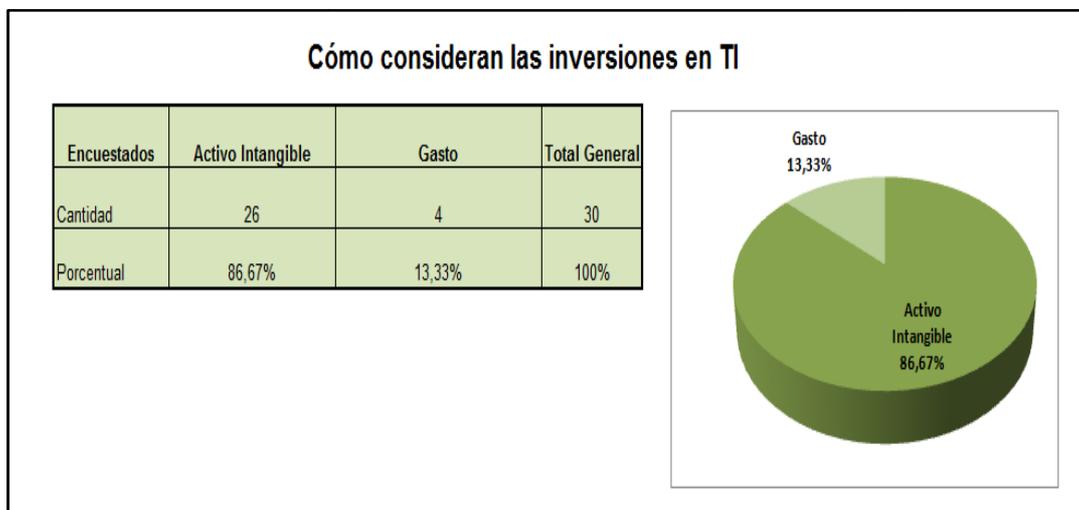


Figura 4.6. Consideración de invertir en TI

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a cómo consideran las inversiones en TI, los datos obtenidos evidencian que el 85% de los encuestados las tratan como un activo intangible, y las activan como costo de adquisición y no reconocen beneficios futuros (ver figura 4.7).

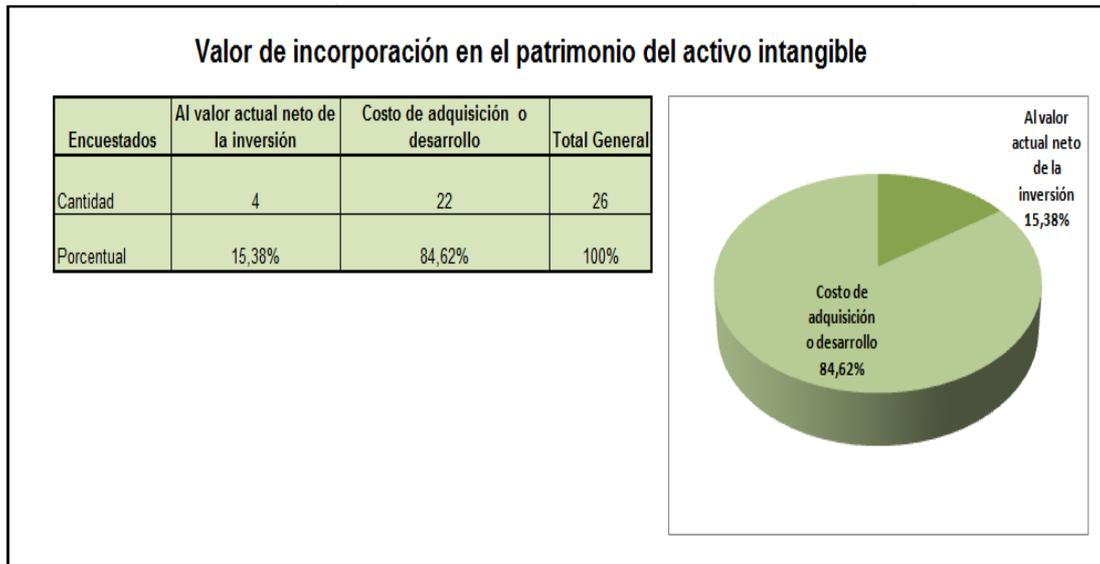


Figura 4.7. Valor de incorporación en el patrimonio del activo intangible

Fuente: Elaboración propia

4.2. Estudio de Caso

En esta sección será presentado el caso objeto de estudio, empresa a la que su denominación fue reemplazada por Alfa con el objetivo de preservar información estratégica y confidencial de la misma.

4.2.1. Contexto Organizacional

La compañía Alfa es una empresa distribuidora mayorista y minorista de librería escolar y comercial, insumos para computación, papelería, embalajes, descartables, y polietileno.

Fundada en el año 2000, Alfa actualmente cuenta con 3 sucursales en la ciudad de Bahía Blanca, y el personal de la compañía se compone actualmente de 90 empleados.

La administración de la empresa tiende a ser informal, y es llevada a cabo por un Director Ejecutivo en conjunto con un equipo de cuatro Gerentes Estratégicos, a saber, gerente financiero y contable, gerente de compras y logística, gerente de ventas y marketing, y gerente administrativo y de TI. Las decisiones estratégicas son siempre tomadas por el grupo de Gerentes Estratégicos en conjunto con el Director Ejecutivo. En el nivel táctico los encargados de sucursales son los responsables de la aplicación de las estrategias definidas por el grupo estratégico.

Se pudo observar claramente tanto por las declaraciones de los entrevistados como las observaciones realizadas que la estrategia competitiva de la empresa es vender productos de bajo costo a sus clientes minoristas y mayoristas. De esta forma, se puede inferir que Alfa busca un mayor énfasis en la estrategia de liderazgo en costos, trabajando con precios competitivos en función de una política de compras cuyo objetivo es minimizar los costos.

Para la realización de este estudio de caso se entrevistó al Director Ejecutivo y Gerente Administrativo y de TI, también fueron utilizados fuentes secundarias de datos, tales como contratos, documentos internos y observación directa de las actividades dentro de los distintos sectores de la empresa.

4.2.2. Función de la Tecnología de la Información

Según manifiestan los gerentes, la tecnología de la información dentro de la compañía prevalece en las funciones operativas. Es importante mencionar que la mayor preocupación se relaciona con los sistemas que automatizan el control de la relación con el cliente, permitiendo conocer las necesidades de los mismos y así poder realizar ofertas y mejorar la calidad en la atención.

También, es posible distinguir que existen sistemas de apoyo a la estrategia de negocio, y un sistema centralizado que da soporte a todas las funciones operativas, en el que cada uno de sus módulos interactúa entre sí consolidando todas las operaciones.

En cuanto a los sistemas utilizados en Alfa es posible destacar los siguientes:

- Software Centralizado de Gestión (sistemas de facturación, compras, contabilidad, tesorería, stock, pedidos)
- Sistema de Apoyo a la Estrategia de Negocio
- Sistema de Relaciones con el Cliente
- Sistema Web de Pedidos y Presupuesto

Analizando la función de TI en Alfa, desde el punto de vista estratégico, en función de la Matriz Estratégica de McFarlan (McFarlan, 1984), podemos inferir que, en general, la empresa se clasifica en el cuadrante de apoyo operacional, debido se cuenta con aplicaciones que tienen alto impacto en las operaciones diarias, hacen que todo el proceso operativo sea más eficiente. No se pueden prescindir de ellas porque son críticas para la operación. Su impacto en la estrategia de la empresa es bajo.

4.2.3. Gestión de la Tecnología de la Información

Actualmente, la gestión de las tecnologías de la información en Alfa se da en el nivel estratégico en términos de su importancia para la empresa. La participación del área de TI en políticas estratégicas del negocio, se da incluso tomando decisiones que no están directamente relacionadas con el área de TI. Según el equipo estratégico, TI está presente en prácticamente todas las operaciones de la empresa y, por lo tanto, es esencial que esta área esté involucrada en las decisiones.

Las decisiones sobre inversiones, políticas y otros aspectos estratégicos que afecta el área de TI son tratados por la administración de la empresa, es decir, por el grupo de personas compuesto por el director general y los cuatro gerentes estratégicos. Las decisiones de carácter más operativo y de menor impacto son tomadas por el propio equipo de TI.

En cuanto a la formalización de los procedimientos de toma de decisiones, gobernabilidad, y políticas relacionadas con TI, el gerente responsable de TI informa que no existen procedimientos o políticas formales, pero si son difundidas de manera informal. Este hecho puede observarse durante el monitoreo realizado en la empresa y en el examen de los documentos disponibles para el estudio.

Incluso sin la formalización de las políticas relacionadas con TI, se evidencia que existen y que están definidas informalmente por grupo estratégico formado por el director general y los gerentes estratégicos. Entre las políticas, por supuesto, se incluyen las relacionadas con la contratación y la adopción de nuevas tecnologías de información. La evidencia de lo anterior queda demostrada con el modelo teórico propuesto en este trabajo que contempla la evaluación de un proyecto de inversión para sitio web de comercio electrónico. De acuerdo con el testimonio de los encuestados el comercio electrónico se han convertido en cada vez más relevante en el funcionamiento de la empresa, es decir, las ventas de esta manera se ha convertido cada día más importantes, que apunta a una creciente importancia estratégica en la empresa.

4.2.4. Desarrollo del Caso

En esta sección se expone el análisis del estudio de caso realizado en la presente investigación. El análisis realizado tiene como objetivo ayudar a la dirección y gerencia como evaluar proyectos de inversión en tecnologías de la información, utilizando el método de valuación propuesto. Se pretende determinar el valor de la inversión para enfrentar el desarrollo de un sitio web.

El análisis dispone de las siguientes opciones previstas en el quinto año de vida: continuar, venta o expandir, bajo las siguientes condiciones: a) Continuar con el sistema hasta el décimo año sin variación alguna (estrategia continuar), b) vender el sistema con el valor fijado \$40.000 (estrategia venta), y c) expandir inversión en tecnología por \$40.4611,11 y un incremento del 19,20% (1,1920) sobre los ingresos originales proyectados (estrategia expandir).

El contrato dispone las siguientes opciones que pueden ejercitarse en el quinto año de vida. Contractualmente se permite continuar, abandonar o expandir, bajo las siguientes condiciones:

El estudio muestra en la tabla 4.1 la proyección de: a) variables necesarias para la proyección, b) flujo de fondos libres del proyecto para los 10 años, y c) el valor inicial (V_0), de **\$ 2.334.410,25** estimado mediante el método de descuento de flujo de fondos (ecuación 2.14). Las dos últimas filas expresan el valor actual neto de cada período (V_t) y el *ratio* flujos de fondos libres-valor actual neto del proyecto (RF_t).

Por razones de simplificación de cálculos y visualización en todas las tablas de esta sección, los valores fueron reducidos aplicando una relación \$1/\$10000.

Situación Actual Tecnología Vieja	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beneficios		\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00	\$ 165,00
Costos		\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02	\$ 79,02
Flujos Fondos Libres		\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98	\$ 85,98
(Vt) Valor actual	\$ 233,44	\$ 315,15	\$ 309,37	\$ 301,58	\$ 291,06	\$ 276,85	\$ 257,68	\$ 231,79	\$ 196,85	\$ 149,67	\$ 85,98
(RFt) FFLt/Vt	0%	27%	28%	29%	30%	31%	33%	37%	44%	57%	100%

Tabla 1. Flujo de fondos proyectados y valor actual neto
Fuente: Elaboración propia

Para valorar las opciones del proyecto es necesario calcular los parámetros del modelo binomial para la construcción de la rejilla. En la tabla 4.2 se exponen los valores correspondientes a la volatilidad, el coeficiente de ascenso, el de descenso, la tasa libre de riesgo, y el coeficiente equivalente cierto.

σ	u	d	R	p	$1-p$
35,00%	1,41907	0,70469	5%	0,48515	0,51485

Tabla 4.2. Parámetros modelo binomial

Fuente: Elaboración propia

La volatilidad (35%) se obtiene empleando el enfoque MAD, para ello mediante simulación⁴, se iteran los flujos de fondos como entrada para calcular las variables de la ecuación 2.9. De la muestra de rendimiento (z) resultante en cada iteración se obtiene el rendimiento ($\bar{z} = E(z)$) (y su desvío estándar (s), entre 0 y 1 y consecuentemente la volatilidad del proyecto ($\sigma = s / \sqrt{\Delta t}$).

El rango de variación (CV) se estima en 15% siendo la volatilidad borrosa de [29,75%, 35%, 40,25%]. Los factores de ascenso, descenso (ecuación 2.10 y 2.11) y coeficientes borrosos ciertos (ecuación 2.12) se exponen en la tabla 4.3,

	u	D		P		$1-p$	
$u1$	1,3465	$d1$	0,74267	$pu1$	0,5111	$1-pu1$	0,4889
$u2$	1,4191	$d2$	0,70469	$pu2$	0,4852	$1-pu2$	0,5148
$u3$	1,4956	$d3$	0,66865	$pu3$	0,4627	$1-pu3$	0,5373

Tabla 4.3. Parámetros modelo binomial fuzzy

Fuente: Elaboración propia

Las parejas de coeficientes equivalentes ciertos borrosos (ecuación 2.13) queda planteada como $p'_u = [0,4627; 0,4852; 0,5111]$ y $p'_d = [0,4889; 0,5148; 0,5373]$. Este es el orden empleado (peor escenario, base, mejor escenario) en el procedimiento recursivo sobre los nodos borrosos.

⁴ En este caso se utilizó Microsoft Excel construyendo una planilla de cálculo donde la simulación se realiza empleando el generador de números aleatorios. La distribución normal es supuesta para los flujos de fondos. Para mayor detalle de los modelos de simulación Montecarlo y el uso de planillas de cálculo ver Machain, L (2011): "Simulación de modelos financieros", San Lorenzo, Argentina, Editorial Helemm, Capítulo 9, pp. 187-209.

La primera rejilla a construir proyecta el valor borroso activo ($V'_{(i,j)t}$) descontando el ratio de flujos del periodo ($I-RF_{t-1}$), del periodo (ecuación 2.15), los valores proyectados en cada nodo se ordenan de menor a mayor, el valor intermedio corresponde al modelo binomial clásico. En la tabla 4.4 se muestran los valores en cada nodo de la rejilla.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
233,44	314,33	307,77	299,23	288,04	273,27	253,68	227,61	192,79	146,20	83,77
	331,27	341,84	350,27	355,35	355,30	347,61	328,69	293,42	234,51	141,61
	349,12	379,68	410,03	438,39	461,96	476,32	474,67	446,57	376,15	239,39
	173,37	169,75	165,05	158,87	150,73	139,92	125,54	106,33	80,64	46,20
	164,50	169,75	173,94	176,46	176,44	172,62	163,22	145,71	116,45	70,32
	156,09	169,75	183,32	196,00	206,53	212,96	212,22	199,66	168,17	107,03
		93,63	91,03	87,63	83,14	77,18	69,24	58,65	44,48	25,48
		84,30	86,38	87,63	87,62	85,72	81,05	72,36	57,83	34,92
		75,89	81,96	87,63	92,34	95,21	94,88	89,26	75,19	47,85
			50,21	48,33	45,85	42,57	38,19	32,35	24,53	14,06
			42,89	43,51	43,51	42,57	40,25	35,93	28,72	17,34
			36,64	39,18	41,28	42,57	42,42	39,91	33,62	21,39
				26,66	25,29	23,48	21,07	17,84	13,53	7,75
				21,61	21,61	21,14	19,99	17,84	14,26	8,61
				17,52	18,46	19,03	18,97	17,84	15,03	9,56
					13,95	12,95	11,62	9,84	7,46	4,28
					10,73	10,50	9,93	8,86	7,08	4,28
					8,25	8,51	8,48	7,98	6,72	4,28
						7,14	6,41	5,43	4,12	2,36
						5,21	4,93	4,40	3,52	2,12
						3,80	3,79	3,57	3,00	1,91
							3,53	2,99	2,27	1,30
							2,45	2,18	1,75	1,05
							1,69	1,59	1,34	0,85
								1,65	1,25	0,72
								1,09	0,87	0,52
								0,71	0,60	0,38
									0,69	0,40
									0,43	0,26
									0,27	0,17
										0,22
										0,13
										0,08

Tabla 4.4. Rejilla binomial borrosa proyección valor del proyecto neto flujo de fondos del período
Fuente: Elaboración propia

La segunda rejilla sirve para estimar los flujos de fondos borrosos por periodo, empleando la ecuación 2.16, y se muestra en la tabla 4.5:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
85,76	85,53	85,31	85,09	84,87	84,65	84,43	84,21	83,99	83,77
90,38	95,00	99,86	104,97	110,34	115,99	121,92	128,16	134,72	141,61
95,25	105,52	116,90	129,50	143,47	158,93	176,07	195,06	216,09	239,39
47,30	47,18	47,05	46,93	46,81	46,69	46,57	46,45	46,32	46,20
44,88	47,18	49,59	52,13	54,79	57,60	60,55	63,64	66,90	70,32
42,59	47,18	52,26	57,90	64,14	71,06	78,72	87,21	96,61	107,03
	26,02	25,95	25,89	25,82	25,75	25,68	25,62	25,55	25,48
	23,43	24,63	25,89	27,21	28,60	30,07	31,60	33,22	34,92
	21,09	23,37	25,89	28,68	31,77	35,19	38,99	43,19	47,85
		14,32	14,28	14,24	14,20	14,17	14,13	14,09	14,06
		12,23	12,85	13,51	14,20	14,93	15,69	16,50	17,34
		10,45	11,57	12,82	14,20	15,74	17,43	19,31	21,39
			7,88	7,85	7,83	7,81	7,79	7,77	7,75
			6,38	6,71	7,05	7,41	7,79	8,19	8,61
			5,17	5,73	6,35	7,03	7,79	8,63	9,56
				4,33	4,32	4,31	4,30	4,29	4,28
				3,33	3,50	3,68	3,87	4,07	4,28
				2,56	2,84	3,15	3,48	3,86	4,28
					2,38	2,38	2,37	2,36	2,36
					1,74	1,83	1,92	2,02	2,12
					1,27	1,41	1,56	1,73	1,91
						1,31	1,31	1,30	1,30
						0,91	0,95	1,00	1,05
						0,63	0,70	0,77	0,85
							0,72	0,72	0,72
							0,47	0,50	0,52
							0,31	0,34	0,38
								0,40	0,40
								0,25	0,26
								0,15	0,17
									0,22
									0,13
									0,08

Tabla 4.5. Rejilla binomial borrosa proyección flujo de fondos

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la Tabla 4.6 expone la tercera rejilla empleando la ecuación 2.17, en cursiva se presenta el valor base similar al que arroja el modelo binomial tradicional.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V1 Min	190,65	273,66	269,72	264,38	257,04	246,82	232,47	212,18	183,38	142,35	83,77
V2 Base	233,58	331,57	342,50	351,71	358,45	362,03	347,61	328,69	293,42	234,51	141,61
V3 Max	296,06	414,84	448,36	482,14	516,03	551,07	525,70	513,20	471,74	387,16	239,39
		150,94	148,77	145,82	141,77	136,14	128,22	117,03	101,14	78,51	46,20
		164,50	169,75	173,94	176,46	176,44	172,62	163,22	145,71	116,45	70,32
		184,67	198,82	212,19	223,78	232,11	235,03	229,45	210,91	173,10	107,03
			82,05	80,43	78,20	75,09	70,72	64,55	55,79	43,31	25,48
			84,30	86,38	87,63	87,62	85,72	81,05	72,36	57,83	34,92
			88,89	94,87	100,05	103,77	105,08	102,58	94,30	77,39	47,85
				44,36	43,13	41,42	39,01	35,60	30,77	23,89	14,06
				42,89	43,51	43,51	42,57	40,25	35,93	28,72	17,34
FENPV				42,41	44,73	46,40	46,98	45,86	42,16	34,60	21,39
Base	c3-c2	62,47									
Altura	1,00	1,00									
ARD	$(b^*h)/2$	31,24									
					23,79	22,84	21,51	19,64	16,97	13,17	7,75
					21,61	21,61	21,14	19,99	17,84	14,26	8,61
					20,00	20,74	21,00	20,51	18,85	15,47	9,56
Base	c2-c1	42,93					12,60	11,87	10,83	9,36	7,27
Altura	1,00	1,00					10,73	10,50	9,93	8,86	7,08
ARL	$(b^*h)/2$	21,47					9,27	9,39	9,17	8,43	6,92
								6,55	5,97	5,16	4,01
λ indice	ARD/ARL+ARD	0,59						5,21	4,93	4,40	3,52
								4,20	4,10	3,77	3,09
$Fe(VAN)$	$((1-\lambda)C1+C2+\lambda C3)/2$	243,35							3,30	2,85	2,21
									2,45	2,18	1,75
	VE Binomial	233,58							1,83	1,68	1,38
	VE Binomial Fuzzy	243,35								1,57	1,22
	Fuzzy inferior	190,65								1,09	0,87
	Fuzzy Superior	296,06								0,75	0,62
											0,67
											0,43
											0,28
											0,22
											0,13
											0,08

Tabla 4.6. Rejilla binomial borrosa valor de las opciones reales

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.6 en el quinto período, se ejecutan las opciones (E: expandir; C: continuar; A: vender) dependiendo del escenario acontecido.

En la tabla 4.7 se presenta la opción ejecutada en cada nodo borroso;

Nodos	Decisión: V1	Decisión: V2	Decisión: V3
5*u	237,56	362,03 E	551,07 E
	246,82 C	355,30	519,16
	88,87	114,34	147,47
4*u+1*d	112,88	159,41	224,00
1*d+4*u	136,14 C	176,44 C	232,11 C
	50,81	58,79	68,14
3*u+2*d	44,12	58,79	77,78
2*d+3u	75,09 C	87,62 C	103,77 C
	29,82	31,21	32,68
3*d+2*u	6,19	8,83	12,40
2*u+3*d	41,42 C	43,51 C	46,40 C
	18,24	17,51	16,82
1*d+4*u	-14,73	-15,99	-16,83
4*u+1*d	22,84 C	21,61 C	20,74 C
	11,85	10,71	9,73
5*d	-26,27	-28,31	-29,89
	12,60 C	10,73 C	9,27 C
	8,33	7,33	6,56

Tabla 4.7. Valor de la opción real t=5 para el nodo borroso y decisión a ser adoptada

Fuente: Elaboración propia

El valor actual neto expandido $t = 0$ es un número triangular borroso, $V_{1(min)} = \$190,65$; $V_{2(base)} = \$233,58$; $V_{3(max)} = \$296,06$ (tabla 4.6). El cálculo del índice λ se detalla en el recuadro de la tabla 4.6, siendo de 0,59 (ecuación 2.19). El valor expandido del proyecto (crisp mean value) (ecuación 2.20) asciende a \$243,35, levemente superior al valor de \$233,58 del modelo binomial tradicional. La diferencia a favor del modelo borroso surge del sesgo asimétrico positivo ($a - \alpha = \$190,65$; $a = \$233,58$; $\beta + a = \$296,06$) del índice λ , potenciando los valores positivos y limitando los negativos, producto de las opciones contenidas en el periodo $t = 5$.

5. CONCLUSIONES Y APORTES

5.1. Conclusiones

La investigación expuso, en primer lugar, la percepción que tienen los empresarios, ejecutivos financieros y de sistemas respecto de las inversiones en TI y qué modelos emplean para valorar las inversiones en tecnologías; y en segundo lugar, la presentación de un modelo de valoración específico para este tipo de inversión que contemple la ambigüedad utilizando matemática borrosa.

Las inversiones en TI de naturaleza intangible se han convertido en los principales creadores de valor para un gran número de empresas. Sin embargo, la valoración de estos activos en el marco contable plantea varios problemas que se vinculan con las posibilidades de diferenciar entre gastos e inversiones relacionados con su adquisición y gestión.

En este sentido, la investigación propone una metodología adecuada de valoración de los activos intangibles, permitiendo a las empresas disponer de una herramienta con el fin de ayudar a tomar de decisiones acerca de las inversiones que puedan resultar más rentables.

La importancia de los activos intangibles para el éxito de cualquier negocio es relevante y creciente. Muchas empresas ven truncados o subvaluados sus proyectos tecnológicos de inversión por basarse única y exclusivamente en las herramientas tradicionales de valoración, y por ende, quedan limitadas a formar parte activa del mercado. Es por eso, que deben incorporar herramientas o métodos de valoración que se adapten a sus necesidades de inversión contemplando la flexibilidad e incertidumbre, especialmente cuando el escenario es incierto, dinámico y complejo, lo que proporcionará un aumento significativo de información para tomar decisiones.

Con relación al objetivo para determinar la percepción que existe en los empresarios y profesionales respecto de las inversiones en TI, el trabajo demostró que la mayoría de ellos las consideran como una combinación de gastos y beneficios, y las vinculan con propuestas que mejoran procedimientos administrativos o estandarizarlos, con impacto en las actividades de generación de información. En esta etapa, las inversiones en la infraestructura informática y de comunicaciones influyen principalmente sobre las actividades operativas de carácter rutinario en el negocio. Así, los beneficios para la empresa se expresan principalmente en la automatización de algunos procedimientos, con el consiguiente incremento de la productividad, a la vez que se reducen los costos de

transacción tanto en el interior de la empresa como en las operaciones que la firma realiza con terceros. En cuanto a la forma de evaluar inversiones en TI, la investigación señaló que se recurre a fuentes de asesoramiento profesional contable y de sistemas, las que consideran como un activo intangible, las activan como costo de adquisición y no reconocen beneficios futuros.

La valoración de inversiones en TI es de suma complejidad en virtud de la alta participación de intangibles. Si bien no fue objeto de estudio directo en el presente trabajo, desde la perspectiva contable existen limitaciones impuestas por las normas contables profesionales (NCP) respecto de la inclusión de los activos intangibles en los estados financieros. Las normas locales e internacionales disponen que para el reconocimiento de intangibles, debe existir la posibilidad de generar beneficios/ingresos futuros. Allí se presenta el principal inconveniente dado la complejidad de la medición de estos. De hecho en materia de valuación, por lo general las NCP establecen una medición inicial sobre la base del costo, práctica usual para el reconocimiento contable según los resultados arrojados por la encuesta. La valoración posterior la mayoría de las normas solo admiten asignarle el valor de costo residual, a excepción de las NIC (Normas Internacionales de Contabilidad, NIC 38) que permiten la revaluación con ciertas limitaciones.

Por lo tanto, existen severas limitaciones para una adecuada exteriorización del valor y potencial de los activos intangibles en los estados financieros para la toma de decisiones. Es por ello que el trabajo propone la aplicación del enfoque binomial borroso en la valoración de opciones reales, con el objeto de capturar el valor de los beneficios futuros sobre inversión en intangibles, específicamente en TI. La ventaja de las rejillas binomiales borrosas representa el mapa de posibles valores del modelo. Los posibles escenarios (peor, base y mejor) pueden ser analizados y determinar el conjunto de decisiones posibles involucradas a saber; para el peor escenario las combinaciones son dos expansiones y tres abandonos; el mejor escenario presenta tres expansiones y dos abandonos; finalmente el caso base pronostica dos expansiones y abandonos respectivamente y una continuación en condiciones normales. El comportamiento del agente, grado de aversión a la ambigüedad, se estimó con el coeficiente pesimista-optimista con el cuál se obtiene el valor borroso esperado del proyecto. El valor obtenido es superior al VOR del método binomial, ya que se ponderan los valores positivos sobre todo el conjunto de posibilidades.

La lógica borrosa aplicada a modelos de decisión de inversión, en particular intangibles e innovaciones donde no existen carteras de activos financieros replicantes de los flujos de fondos del proyecto, transforma a estos en una herramienta útil en contextos caracterizados por la ambigüedad en la información disponible. Se complementa con el uso de herramientas para el análisis del riesgo como son los escenarios y la simulación, estimando el área de posibilidades, cuya forma es un número borroso triangular. Desde el punto de vista de la toma de decisiones gerenciales, hablar en términos de posibilidades puede ser pensado como un vehículo complementario de las probabilidades.

5.2. Aportes

La presente tesis pretende aportar:

- Resumen correspondiente al marco teórico disponible en el estudio de las inversiones en tecnología (TI), desde la perspectiva del análisis estratégico.
- Resumen de los diferentes modelos de valoración de inversiones, en particular inversiones en intangibles a partir de la Teoría de Opciones clasificados según el tratamiento de la incertidumbre y ambigüedad.
- Un trabajo de campo exploratorio relativo a la percepción del empresario PyME local y de profesionales asesores respecto del reconocimiento y valoración de las inversiones en TI.
- Una propuesta de valoración de la inversión en TI, vinculando la lógica borrosa con el análisis propuesto por el modelo binomial, en el marco de las Opciones Reales.
- Una herramienta cuali-cuantitativa para analizar la conveniencia de inversión en TI, frente a la ambigüedad de datos, dada por el modelo binomial borroso.

Como futuras líneas de trabajo se propone profundizar los resultados de la encuesta, realizando pruebas de laboratorio donde sea estudiada la percepción del agente (empresario) frente: a la ambigüedad de datos a ser cuantificados en TI, el valor asignado a la inversión.

6. BIBLIOGRAFÍA

Amram, M- Kulatilaka, N. (1998). *Real Options* (1 ed.). Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Harvard Business School Press.

Applegate, L., Austin, R., & McFarlan, F. (2003). *Corporate Information Strategy and Management: the challenges of managing in a network economy*. New York: McGraw-Hill.

Arnold, T- Crack, T- Schwartz, A. (2004). *Implied Binomial Trees in Excel without VBA*. SSRN: Social Science Research Network .

Arnold, T- Crack, T. (2004). Using the WACC to Value Real Options. *Financial Analysts Journal* (60), 78-82.

Bacon, C. (1992). The use of decision criteria in selecting information systems/technology investments. *MIS Quarterly* , 16 (3), 335-353.

Balboni, M., Rovira, S., & Vergara, S. (2011). ICT in Latin America. A microdata analysis. CEPAL. Santiago.

Baliero Filho; R-Rosenfeld,R. (2004). Testing Option Pricing with Edgeworth Expansion. *Physica A: Statistical Mechanics and its Application* , 344, 484-490.

Black, F- Scholes, M. (Mayo-Junio de 1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy* , 637-659.

Black, F., & Scholes, M. (1973). Valuation of Technology Using Real Options. *Journal of Political Economy* , 637-654.

Boyle, P. (1988). A lattice framework for option pricing with two state variables. *Journal of Finance and Quantitative Analysis* , 23, 1-12.

Brandao, L- Dyer, J- Hahn, W. (2005). Using Binomial Decision Trees to Solve Real Options Valuations Problems. *Journal of Decision Analysis* (2), 69-88.

Breard, G., & Yoguel, G. (2011). Patrones de incorporación de TIC en el tejido empresarial argentino: factores determinantes. *El desafío de las TIC en Argentina. Crear capacidades para la generación de empleo*. CEPAL. Novick, M. y Rotondo, S.

Brennam, M., & Schwartz, E. (1985). A New Approach to Evaluating Natural Resource Investment. *Midland Corporate Financial Journal*. (3), 37-47.

Brennam, M., & Schwartz, E. (1985). Evaluating Natural Resources Investment. *Journal of Business*. (58), 135-157.

Brynjolfsson, E., Hitt, L., & Yang, S. (2002). Intangible Assets: Computers and Organizational Capital. *Brookings Papers on Economic Activity: Macroeconomics* (1), 137-199.

Carlsson, C., & Fuller, R. (2001). On Possibilistic Mean Value and Variance Fuzzy Numbers. *Fuzzy Sets and Systems*. (122), 772-777.

- Carlsson, C-Fuller, R. (2003). A Fuzzy Approach to Real Option Valuation. *Fuzzy Sets and Systems* (139), 315-326.
- Carlsson, C-Fuller, R-Heikkila, M-Majlender, P. (2007). A Fuzzy Approach to R&D Project Portfolio Selection. *International Journal of Approximating Reasoning* (44), 93-105.
- CEPAL-OCDE. (2011). Latin American Outlook 2012. *Transformación del Estado para el Desarrollo*. OCDE, París.
- CEPAL-OCDE. (2012). Latin American Outlook 2013. *SME Policies for Structural Change*. CEPAL-OCDE. (2012). Latin American Outlook 2013. *SME Policies for Structural Change*. París., París.
- Chan, Y., & Huff, S. (1993). Strategic Information Systems Alignment. *Business Quarterly*, 58 (1), 51-56.
- Cimoli, M., & Correa, N. (2010). ICT, learning and growth: an evolutionary perspective. *Innovation and Economic Development*. Edward Elgar Publishing .
- Collan, M- Fullér, R-Mezei, J. (2009). Fuzzy Pay-Off Method for Real Option Valuation. *Journal of Applied Mathematics and Decision Systems*, ID 238196, 1-14.
- Copeland, T- Tufano, P. (2004). A Real World to Manage Real Options. *Harvard Business School Review* (82), 90-99.
- Copeland, T., & Antikarov, V. (2001). *Real Options. A practitioner's guide*. Texere, USA.
- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A simplified Approach. *Journal of Financial Economics* 7, 229-263.
- Datar, V- Matews, S-Johnson, B. (2007). A Practical Method for Valuing Real Options: The Boeing Approach. *Journal of Applied Corporate Finance*, 19, 95-104.
- Datar, V- Mathews, S. (2004). European Real Options: An intuitive Algorithm for the Black-Scholes Formula. *Journal of Applied Finance*, 14, 7-13.
- Derman, E-Kani, I-Chriss, N. (February de 1996). Implied Trinomial Trees of the Volatility Smile. (Goldman-Sachs, Ed.) *Quantitative strategies research notes*, .
- Dixit, A., & Pindyck, R. (1994). Investment under Uncertainty. *Princeton University* .
- Dubois, D-Prade, H. (1980). *Fuzzy Sets and Systems*. New York: Academic Press.
- Fornero, R. (2012). El Valor de los Proyectos de Inversión con Estimaciones Probabilísticas y Borrosas. *XXXII Jornadas Nacionales de Admistración Financiera*, XXXII, 83-135.
- Fuller, R-Majlender, P. (2003). On Weigthed Possibilistic Mean and Variance of Fuzzy Numbers. *Fuzzy Sets and Systems* (136), 363-374.
- Gil, A. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. San Pablo: Atlas, 4. ed.

- Gunasekaran, A., Ngai, E., & McGaughey, R. (2006). Information technology and systems justification: A review for research and applications. *European Journal of Operational Research* , 173, 957-983.
- Haahtela, T. (2010). *Displaced Diffusion Binomial Tree for Real Option Valuation*. SSRN: Social Science Research Network.
- Haahtela, T. (2011). *Estimating Changing Volatility in Cash Flow Simulation Based Real Options Valuation with Regression Sum of Squared Error Method*. SSRN: Social Science Research Network.
- Haahtela, T. (2010). *Recombining Trinomial Tree for Real Option Valuation with Changing Volatility*. SSRN-Social Science Research Network .
- Haug Gaarder, E. (2007). *Derivatives: Models and Models* (1 ed.). Chichester : John Wiley & Sons.
- Hull, J. (2006). *Futures, Options and other Derivatives* (6 ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Ingersoll, J., & Ross, S. (1992). Waiting to Invest: Investment and Uncertainty. *Journal of Business*. (65), 1-29.
- Irani, Z., & Love, P. (2002). Developing a frame of reference for ex-ante IT/IS investments evaluation. *European Journal of Information Systems* , 11 (1), 74-82.
- Jabbour, G-Kramin, M-Young, S. (2001). Two-state Option Pricing: Binomial Models Revisited. *Journal of Futures Markets* , 21, 987-1001.
- Jarrow, R-Rudd, A. (1982). Aproximate option valuation for arbitrary stochastic processes. *Journal of Financial Economics* , 10, 347-369.
- Kahraman,C-Ruan, D-Tolga,E. (2002). Capital Budgeting Techniques using Discounted Fuzzy versus Probabilistics Cash Flow. *Information Science* (142), 57-76.
- Kaplan, J. (2005). *Strategic IT Portfolio Management: Governing Enterprise Transformation*. Pitiglio Rabin Todd & McGrath (PRTM).
- Kaplan, R., & Norton, D. (2006). *Alignment: using the balanced scorecard to create corporate synergies*. Boston, Ma: Harvard Business School Press.
- Kaufmann, A., & Gil Aluja, J. (1993). *Nuevas Técnicas para la Dirección Estratégica*. *Publicaciones Universidad de Barcelona* .
- Keema, A. (1988). *Options Real and Financial Markets*. *Working Paper Ph.D diss*. Erasmus University, Erasmus.
- Kinnunen, J. (2010). *Valuing M&A Synergies as (Fuzzy) Real Options*. *Abo Akedimi University*.
- Knight, F. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*.

- Kulatilaka, N. (1995). Operating Flexibilities in Capital Budgeting: Substituability and Complementary in Real Options. *En Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport Conn.: Praeger: Trigerogis L. (Ed.).
- Kulatilaka, N. (1988). Valuating the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems. *IEEE Transactions in Engineering Management*. (22), 250-257.
- Kulatilaka, N., & Trigeorgis, L. (1994). The General Flexibility To Switch: Real Options Revisited. *International Journal of Finance*. (2), 123-145.
- Landro, A. (2010). Acerca de la Probabilidad: La interpretación del concepto de azar y la definición de probabilidad. *Buenos Aires: Centro de Investigaciones en Econometría Facultad de Ciencias Económicas UBA*.
- León, A- Mencia, J- Sentaria, E. (2007). Parametric Properties of Semi-Nonparametric Distributions, with application to Options Valuation. *Documento de Trabajo 0707 Banco de España* , 9-30.
- Liao, S-Ho, S. (2010). Investment Project Valuation based on a Fuzzy Bionomial Approach. *Information Sciences* (180), 2124-2133.
- Luherman, T. (1998). *Investment Science* (1 ed.). New York: Oxford University Press.
- Luherman, T. (1998). Investment Opportunities as Real Options: Get started with the numbers. *Harvard Business Review* (4), 51-67.
- Maanen, J. (1979). Reclaiming qualitative methods for organizational research: a preface. *In Administrative Science Quarterly*. , 24 (4), 520-526.
- Maizlish, B., & Handler, R. (2005). *IT Portfolio Management Step by Step: Unlocking th Business Value of IT*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Margrabe, W. (1978). The Value of an Option to Exchange one Asset for Another. *Journal of Finance*. (33), 177-186.
- Mason, S., & Merton, R. (1985). The Role of Contingent Claims Analysis in Corporate Finance. *Recent Advances in Corporate Finance*. Homewood, IL: Irwin,; Ed. E. I. Altamn and M. G. Subrahmanyam.
- Mc Donald, R., & Siegel, J. (1986). Investment and the Valuation of Firms when there is an Option to Shut Down. *International Economic Review*. (26), 321-349.
- McFarlan, F. W. (1984). Information technology changes the way you compete. *Harvard Business Review* , 62 (3), 98-103.
- Melville, N., Kraemer, K., & Gurbaxani, V. (2004). Information technology and organizational performance: an integrative model of it business value. *MIS Quarterly* , 28 (2), 283-322.
- Merton, R. (Primavera de 1973). The Theory of Rational Options Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science* , 141-183.

Milanesi, G. (2012). Opciones Reales: el Método Binomial, Asimetría y Curtosis en la Valoración de Empresas de Base Tecnológica. *Revista Española de Capital de Riesgo* (2), 41-55.

Molina, M., Rotondo, S., & Yoguel, G. (2011). El impacto de las TIC en la productividad del trabajo: algunos indicios para las PyME del sector manufacturero argentino. *El desafío de las TIC en Argentina. Crear capacidades para la generación de empleo. CEPAL*. Novick, M y Rondofo S.

Mun, J. (2004). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investment and Decisions* (1 ed.). New York: Wiley.

Muzzioli, S-Torricelli, A. (2004). A Multiperiod Binomial Model for Pricing Options in a Vague World. *Journal of Economics and Dynamics Control* (28), 861-867.

Myers, S. (1977). Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics* (5), 147-176.

Myers, S., & Majd, S. (1990). Abandonment Value and Project Life. *Advances in Futures and Options Research*. (4), 1-21.

OCDE. (2003). ICT and Economic Growth: Evidence from OECD countries, Industries and Firms. *OCDE* . París.

OCDE. (2004). The ICT productivity paradox: Insights from micro data. *Economic Studies*. OCDE Paris.

OEDE-DGEYEL-MTEySS. (2011). *Encuesta de Indicadores Laborales* . Buenos Aires.

Office of Director-General for Policy Planning, C. O. (2004). Introduction of IT by Enterprises and Productivity. *Policy Effect Analysis Report* (19) .

Oliveira, D. (2007). Obtención de ventaja competitiva y creación de valor a través de alianzas estratégicas. *Revista de Administración y Contabilidad* , 2 (1).

ORBA. (2012). *Observatorio Regional de Banda Ancha*. Obtenido de <http://www.eclac.cl/socinfo/orba/>

Paddock, J., Siegel, D., & Smith, J. (1988). Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Lease. *Quarterly Journal of Economics*. (103), 479-508.

Peirano, F., & Suárez, D. (2006a). TICS y empresas: propuestas conceptuales para la generación de indicadores para la sociedad de la información. *Journal of Informations Systems and Technology Management* , 3 (2), 123-142.

Pindyck, R. (1988). Irreversible Investment, Capacity Choice and the Value of the Firm. *American Economic Review*. (78), 969-985.

Porter, M. (2000). *Estrategia competitiva: técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Ed. Compañía Editorial Continental.

- Porter, M. (2008). *On Competition. Updated and Expanded Edition*. Boston: Harvard Business School.
- Rendleman, R-Bartter, B. (1979). Two-state Option Pricing. *Journal of Finance* (34), 1092-1110.
- Research Institute of Economic Planning Agency . (2000). The Effect of IT (Information Technology) on Productivity: In search of Japan's New Economy. *Policy Effect Analysis Report* (4).
- Richardson, R., & Peres, J. (1999). *Pesquisa Social: Métodos y Técnicas*. San Pablo: Atlas. 3º ed.
- Rivas, D., & Stumpo, G. (2011). Las TIC en el tejido productivo de América Latina. *En Novick, M. y Rotondo, S. (ed.) El desafío de las TIC en Argentina. Crear capacidades para la generación de empleo. CEPAL* .
- Rubinstein, M. (1998). Edgeworth Binomial Trees. *Journal of Derivatives* (5), 20-27.
- Rubinstein, M. (1994). Implied Binomial Trees. *Journal of Finance* , 49, 771-818.
- Rubinstein, M. (2000). *On the Relation Between Binomial and Trinomial Option Pricing Model*. Berkeley, Research Program in Finance-292. California: UC Berkeley.
- Shenhar, A., & Dvir, D. (2007). *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Smit, H. (1996). The Valuating of Offshore Concessions in the Netherlands. *Financial Management*. (26), 5-17.
- Smit, H-Trigeorgis, L. (2004). *Strategic Investment: Real Options and Games* (1 ed.). New Jersey, Estados Unidos: Princeton University Press.
- Smith, J. (2005). Alternative Approach for Solving Real Options Problems. *Decision Analysis* (2), 89-102.
- Smith, J-Nau, R. (1995). Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Anaysis . *Management Science* (5), 795-816.
- Teo, T., & King, W. (1997). Integration between Business Planning and Information Systems Planning: an Evolutionary Contingency Perspective. *Journal of Management Information Systems* , 14, 185-214.
- Tiernan, C., & Peppard, J. (2004). Information technology: of value or vulture? *European Management Journal* , 22 (6), 609-623.
- Trigeorgis, L- Mason, S. (1987). Valuing Managerial Flexibiliy. *Midland Corporate Finance* , 5, 14-21.
- Trigeorgis, L. (1988). A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting. *Advances in Futures and Options Research* (4), 145-167.

Trigeorgis, L. (1995). *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications* (1 ed.). London, United Kindgon: Praeger.

Trigeorgis, L. (1997). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocations* (2 ed.). Cambridge: MIT Press.

Trigeorgis, L. (1993). The Nature of Option Interactions and the Valuations of Investments with Multiple Real Options. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis* , 28 (1), 1–20.

Turban, E., McClean, E., & Wetherbe, J. (2004). Tecnología de la información para gestión: transformando los negocios en la economía digital. *Porto Alegre: Bookman* , 660.

UIT. (2012). *Unión Internacional de Telecomunicaciones de Naciones Unidas* .

Wang, A., & Halal, W. (2010). Comparison of Real Asset Valuation Models: A Literature Review. *International Journal of Business and Management* (5), 14-24.

Ward, J., & Peppard, J. (2002). *Strategic Planning for Information Systems*. John Wiley & Sons, Ltd. Third edition.

Weill, P., & Aral, S. (2006). Generating Premium Returns on Your IT Investments. *MIT Sloan Management Review* , 47 (2), 38-48.

Weill, P., & Broadbent, M. (1998). *Leveraging the New Infrastructure - How Market Leaders Capitalize on Information Technology*. Boston: Harvard Business School Press.

Weill, P., & Ross, J. (2004). *IT Governance - How Top Performers Manage IT Decisions Rights for Superior Results*. Harvard Business School Press.

Wilmott, P. (2009). *Frequently Asked Questions in Quantitative Finance* (Segunda ed.). United Kingdom: John Wiley & Sons.

Yin, R. (1994). *Case Study Research: Design and methods*. Baverly Hills, California: Sage Publishing, 2nd edition.

Yoshida, Y-Yasuda, M-Nakagami, J-Kurano, M. (2006). A New Evaluation of Mean Value for Fuzzy Numbers and its Application to American Options under Uncertainty. *Fuzzy Sets and Systems* (157), 2614-2626.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information Control* , 3 (8), 338-353.

Zadeh, L. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility.

Zadeh, L. (2002). Toward a perception based theory of probabilistic reasoning with imprecise probabilities. *Journal of Statistical Planning and Inference* , 233-264.

Zdnek, Z. (2010). Generalised Soft Binomial American Real Option Pricing Model. *European Journal of Operational Research* (207), 1096-1103.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1 - Evaluar la inversión en Tecnología de la Información - Empresario

<p>*Obligatorio</p> <p>1) ¿Cómo valora la realización de inversiones en TI? *</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Gasto</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Combinación de gastos y beneficios</p> <p>2) ¿Reconoce las ventajas de invertir en TI?*</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí</p> <p>3) ¿Para tomar la decisión de invertir en TI, a qué fuentes recurre?*</p> <p><input type="checkbox"/> Asesoramiento técnico</p> <p><input type="checkbox"/> Analizar las relaciones con el cliente y proveedor</p> <p><input type="checkbox"/> Analizar la competencia</p> <p>4) ¿Utiliza algún criterio económico además del técnico?*</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Costo de adquisición</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Otros: <input type="text"/></p> <p>5) ¿Usted o sus asesores utilizan algún modelo formal que lo ayude a tomar decisiones para invertir en TI?*</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí</p>
--

7.2. Anexo 2- Valuar la inversión en Tecnología de la Información – Profesional Contable

***Obligatorio**

1) La inversión en TI la considera como:*

- Gasto
- Activo Intangible

2) ¿A qué valor incorpora en el patrimonio el activo intangible?*

- Costo de adquisición o de desarrollo
- Al valor actual neto de la inversión (VAN)

3) El modelo para calcular el VAN es:*

- Descuento de Flujo de Fondos
- Valuación de Opciones Reales