INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

PROGRAMA DE GRADUADOS EN ELECTRONICA, COMPUTACION, INFORMACION Y COMUNICACIONES

TECNOLÓGICO DE MONTERREY®

INVERSION Y RECUPERACION DE LA INVERSION EN TELECOMUNICACIONES: UN MODELO DE RUIDO DE DISPARO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LAS TELECOMUNICACIONES

POR:

ERIK JAVIER MARTINEZ GUZMAN

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE 2004

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

PROGRAMA DE GRADUADOS EN ELECTRONICA, COMPUTACION, INFORMACION Y COMUNICACIONES

TECNOLÓGICO DE MONTERREY.

INVERSION Y RECUPERACION DE LA INVERSION EN TELECOMUNICACIONES: UN MODELO DE RUIDO DE DISPARO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LAS TELECOMUNICACIONES

POR:

ERIK JAVIER MARTINEZ GUZMAN

MONTERREY, N. L. DICIEMBRE 2004

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

PROGRAMA DE GRADUADOS DE LA DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA, COMPUTACIÓN, INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

INVERSIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN EN TELECOMUNICACIONES: UN MODELO DE RUIDO DE DISPARO

TESIS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

POR

ERIK JAVIER MARTINEZ GUZMAN

DICIEMBRE 2004

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA, COMPUTACIÓN, INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

PROGRAMA DE GRADUADOS DE LA DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA, COMPUTACIÓN, INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis del Ing. Erik Javier Martínez Guzmán sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Administración de las Telecomunicaciones.

Comité de tesis:

Dr. David Muñoz Rodríguez
Asesor

Dr. Ricardo Pineda Serna
Sinodal

Dr. Gabriel Campuzano
Sinodal

Dr. David Alejandro Garza Salazar
Director del Programa de Graduados en Electrónica, Computación, Información y Comunicaciones

Diciembre 2004

INVERSIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN EN TELECOMUNICACIONES: UN MODELO DE RUIDO DE DISPARO

POR

ERIK JAVIER MARTÍNEZ GUZMÁN

TESIS

Presentada al Programa de Graduados en Electrónica, Computación, Información y Comunicaciones

Este trabajo es requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Administración de las Telecomunicaciones

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

DICIEMBRE 2004

Dedicatoria

A Dios,
por darme la oportunidad de vivir y disfrutar cada momento en esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres y mi hermana,
por su cariño incondicional, por apoyarme siempre y animarme a continuar dando el mayor esfuerzo. Mis logros son también de ustedes.

A mis abuelos,
por ser el origen de mi familia, por el ejemplo que me han dado de superación profesional y espiritual.

Agradecimientos

Al doctor David Muñoz,
por la orientación que me dio en mi vida profesional y el valioso apoyo, tiempo y dedicación para el desarrollo de este trabajo.

Al doctor Ricardo Pineda,
por sus consejos para el enriquecimiento de la tesis y haberme impulsado siempre a trabajar con empeño.

Al doctor Gabriel Campuzano,
por su interés y dedicación en apoyarme para obtener los mejores resultados posibles en este trabajo.

A Persis Rivera,
por ser esa persona especial que me ha inspirado en todo momento a ser mejor.

A todos mis tios y primos,
por su cariño y empuje para que yo alcanzara una meta más en mi carrera profesional.

A mis compañeros y amigos Rodrigo Soto, Jaime Garza, Bulmaro Carvallo, Aaron Rodríguez, Daniel Carrion, Antonio Limón, Luis Ricci, la Abcope,
que estuvieron siempre conmigo durante toda la maestría.

Resumen

La evaluación de proyectos de inversión representa actualmente una herramienta necesaria para la seguridad económica de las empresas, sobre todo en proyectos relacionados con las Tecnologías de Información y Comunicaciones que por naturaleza presentan un alto grado de incertidumbre. El problema de la selección de inversiones se ha formulado tradicionalmente desde la óptica de la economía de la empresa, considerando criterios financieros como el valor actual neto o la tasa interna de rendimiento. Estos métodos están avalados por su fundamento teórico y por su acreditada eficacia práctica; sin embargo, la evidencia empírica sugiere que no son adecuados para la evaluación de proyectos inciertos. En la presente tesis se propone un modelo práctico para la valoración de opciones de inversión basado en el concepto shot – noise, el cual hace posible el análisis de recuperación bajo un ambiente de incertidumbre. Se analizan las variaciones de los parámetros de importancia en el proyecto, tales como el precio, los costos de inversión y la captura de clientes.

Índice

Índice de Figuras

Índice de Tablas

Capítulo 1

Introducción

Las inversiones en Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC's) han experimentado un gran crecimiento principalmente en las ultimas dos décadas. El informe *DigiWorld 2004* publicado por la Fundación IDATE (Instituto de las Telecomunicaciones de Europa) prevé que el mercado de los servicios de telecomunicaciones mantendrá la tendencia creciente de los últimos años, y generará unos ingresos de 1.182 millones de euros, el 5.3 por ciento más que en el 2003. Además los analistas del IDATE esperan que los ingresos del mercado de la informática, tanto en hardware como en software, crezcan el 7.4 por ciento este año y alcancen los 982 millones de euros. De igual forma ocurre en México, la tendencia en la adopción de proyectos de inversión de TIC's es cada vez más necesaria y creciente. Durante la sexta conferencia anual de Gartner en México sobre la justificación financiera de las tecnologías de información (TI) en las organizaciones, Donald Feinberg, Vicepresidente de Grupo y Gerente General de Gartner para América Latina, dijo que aunque la brecha tecnológica se está reduciendo en América Latina, el retraso en la adopción de tecnología de punta sigue siendo un factor que afecta la competitividad de la región, por lo que los directores generales y directores de sistemas de las organizaciones actualmente reconocen la importancia de su rol como facilitadores en la adopción oportuna de TI que agregue valor al negocio.

En contraste con este crecimiento, hay autores que argumentan que una gran cantidad de proyectos relacionados con las TIC's son tomados sin tener un adecuado análisis de inversión *(Benaroch and Kauffman 1999)*. Las herramientas tradicionales de evaluación de proyectos como el TIR o el VPN, no son muy adecuados para analizar proyectos con un alto grado de incertidumbre lo que caracteriza a la mayoría de los proyectos relacionados con las TIC's.

En las Tecnologías de Información y Comunicaciones los beneficios tal como las mejoras de calidad y servicio son difíciles de estimar porque su materialización depende no solo de la tecnología en si misma, sino también de factores multiorganizacionales. Los costos también tienen una alta incertidumbre debido a los constantes cambios provocados por la aparición de nuevas tecnologías sustitutas y al limitado uso de métricas adecuadas para estimar el esfuerzo del proyecto.

Las inversiones en proyectos de tecnología no pasan por ser sólo inversiones que involucran la adquisición de nueva tecnología, o el reemplazo de la ya existente, sino que deben estar acompañadas de fuertes estudios y análisis de factibilidad.

La evaluación desde el punto de vista financiero sólo tiene en cuenta "el beneficio o lucro de agentes particulares (personas o entidades públicas o privadas)" a la hora de asignar los recursos *(Margrabe 1978)*. Pero también debe partir de la realización de un análisis de los diferentes aspectos que influyen en la formulación del proyecto, tales como factores económicos, técnicos, administrativos, institucionales, etc. Tras este análisis, los resultados obtenidos se deben traducir en cifras financieras o datos específicos que nos puedan servir como indicadores para medir de forma objetiva la "bondad" del proyecto.

1.1 Justificación

A la hora de plantearse la decisión de si abordar o no un proyecto, se debe tener en cuenta que el principal objetivo de la empresa es "otorgar una mayor rentabilidad a sus accionistas" *(Lucas 1999)*. Por lo tanto, se debe realizar una evaluación desde el punto de vista económico – financiero sobre la viabilidad del mismo. Con ella, se pretende determinar la conveniencia o no de asignar recursos hacia los objetivos determinados por el proyecto en cuestión.

Las inversiones en Tecnología son complejas e inciertas, y no es fácil calcular su Retorno de Inversión (ROI). Esto se debe a que estas inversiones, no sólo incorporan mejoras en la productividad, si no que también afectan ejes estratégicos.

La incertidumbre se presenta desde el hecho de tomar el control de nuestros propios tiempos de introducción, la manera en que vamos a distribuir la inversión, la manera en que se va a dar la llegada o captura de clientes, hasta el hecho de saber acerca de las acciones que tomaran las compañías competidoras.

Por ejemplo, una compañía podría tener planeado la introducción de un nuevo producto o servicio tecnológico con una programación estratégica y financiera ya establecida, sin embargo, la competencia puede introducir un servicio o producto con tecnología alterna en un tiempo más temprano alterando con esto el programa financiero previsto por la compañía y forzándola cambiar sus planes estratégicos.

Lo que buscan muchas compañías es desplegar sus nuevas tecnologías tan rápido como les sea posible, ya que muchas veces el hecho de ganar una posición temprana en el mercado da un empuje significativo para consolidarse en la participación del mismo.

De ahí la importancia de encontrar métodos de evaluación que soporten estos factores y permitan al evaluador tener una más clara visión de lo que podría ser la realidad, para tomar la decisión de invertir o no en dicho proyecto. Dado lo anterior, en este trabajo se propone un modelo práctico para la valoración de opciones de inversión basado en el concepto shot – noise, el cual hace posible el análisis de recuperación bajo un ambiente de incertidumbre.

1.2 Objetivo

El objetivo es plantear un modelo de análisis de recuperación en proyectos de inversión con incertidumbre relacionados con las Tecnologías de Información y Comunicaciones, utilizando como herramienta el concepto shot-noise.

1.3 Organización

Este documento esta organizado en 6 capítulos y 3 apéndices. El capítulo uno contiene la información introductoria, la justificación y el objetivo de la tesis. En el capítulo dos se definen los conceptos básicos de un proyecto de inversión, así como el proceso de decisión y la formación de modelos. El Capítulo tres se encarga de describir de forma general las herramientas tradicionales para la evaluación de proyectos tanto para el supuesto de certeza como de incertidumbre, y se platea las características esenciales del modelo de evaluación desarrollado por el Schwartz-Zozaya. En el Capítulo cuatro se presenta el modelo de evaluación propuesto, como resultado de la formulación y análisis tanto de la función de costos como la de ganancias, así como la variante del modelo para el efecto competencia. En este capítulo también se ejemplifica prácticamente el modelo a través de un caso hipotético. El Capítulo 5 contiene los resultados del modelo en cuanto al análisis estadístico en la variación aleatoria tanto de los instantes y montos de inversión como en la llegada de clientes. Finalmente, el Capítulo 6 discute las conclusiones del trabajo y se sugieren algunas líneas de investigación posibles a realizarse en un futuro.

Capítulo 2

Conceptos básicos

Uno de los problemas más importantes que el gerente enfrenta es que en el presente debe tomar decisiones que tienen consecuencias en términos de beneficios y costos futuros. Esto hace inevitable cierto grado de incertidumbre. Por lo general, lo que se hace es mirar qué ha ocurrido en el pasado e inferir sobre el futuro basándose en la información obtenida. En cuanto a la cuantificación de los beneficios y costos futuros, se recurre ya sea a estudios de mercado o a la contabilidad, para obtener datos del pasado; también combinan las dos.

En el análisis de rentabilidad, el interés se concentra en los costos futuros, no en los pasados o actuales. Los costos que registra la contabilidad, pueden ser muy útiles para proveer la información necesaria que permita hacer cálculos de los costos futuros. El hecho de que en el proceso de toma de decisiones se tenga que usar la información incompleta no debe llevar al administrador a la conclusión de que no se pueden tomar decisiones. Precisamente, el proceso de toma de decisiones se desarrolla siguiendo cursos de acción de carácter irrevocable, y se basa en información incompleta y muchas veces inadecuada.

Dado lo anterior y con la finalidad de tener un respaldo para poder llevar acabo la discusión de los siguientes capítulos es necesario primero describir los conceptos básicos que giran alrededor de un proyecto de inversión. Se estudia el problema relacionado con las alternativas de inversión. En particular se trata el concepto de inversión y algunas clasificaciones de estas alternativas. También se menciona sobre el proceso de decisión a manera de formar un modelo que represente lo más acertadamente la realidad proyectada.

2.1 Concepto de Inversión

Las alternativas o cursos de acción mencionados pueden definirse como inversiones. Una inversión es cualquier sacrificio de recursos hoy, con la esperanza de recibir algún beneficio en el futuro. Así, se puede concebir como inversión no sólo el hecho de desembolsar una determinada suma de dinero, sino también el tiempo que alguien dedica a formarse en una universidad. Asimismo, se debe considerar una inversión el pago anticipado de un préstamo: se sacrifica hoy lo que se debe (al pagarlo en forma anticipada) y se obtiene como beneficio lo que se deja de pagar en el futuro. En todo caso, se trata de cuantificar en términos económicos los recursos que se están sacrificando hoy, así como los beneficios que se esperan recibir en el futuro.

2.1.1 Clases de alternativas de inversión

Se van a clasificar las alternativas de inversión en dependientes, independientes y mutuamente excluyentes. Cuando una alternativa no se puede llevar a cabo sin que otra se realice, se dice que dicha alternativa es dependiente. Cuando varias alternativas se pueden realizar sin que los resultados de las otras o las decisiones con respecto a ellas se alteren, se dice que son independientes. Cuando dentro de un grupo de alternativas se lleva a cabo una de ellas y este hecho hace que las otras alternativas no puedan realizarse, entonces se dice que son mutuamente excluyentes.

De lo anterior se puede deducir que esta clasificación de las alternativas de inversión está relacionada con el grado en que el flujo de caja libre de una alternativa se afecte al emprender otra. En el caso de las dependientes, una de ellas no se realiza sin la otra (por ejemplo, cuando el flujo de caja libre de una está condicionado al de la otra); en el caso de las alternativas independientes no existe relación alguna entre los flujos de caja libre de las alternativas. Por último, cuando son mutuamente excluyentes, la realización de una de ellas reduce a cero el flujo de caja libre de las otras. La clasificación anterior es demasiado simplificada, puesto que en realidad lo que existe es una gama continua de grados de dependencia. En un extremo se encuentran las alternativas dependientes y en el otro las mutuamente excluyentes; y entre estos dos extremos, las alternativas independientes.

La construcción de un sistema de refrigeración de un edificio depende totalmente de que el edificio se construya o no; en este caso se puede hablar de alternativas dependientes. La aceptación de propuestas de investigación por una entidad puede considerarse como una situación de alternativas independientes, siempre que la entidad cuente con los recursos suficientes para financiarlas todas. Las diferentes propuestas para la construcción de un puente en un mismo sitio son alternativas mutuamente excluyentes.

Con frecuencia, ante alternativas mutuamente excluyentes, el decisor selecciona la mejor. Aunque lo deseable es seleccionar la alternativa óptima, no debe olvidarse que realmente lo que se logra es alcanzar resultados satisfactorios. Por lo tanto, dado un conjunto de alternativas justificables y mutuamente excluyentes, lo máximo que se puede lograr es seleccionar la mejor entre ellas, lo cual no garantiza haber identificado la alternativa óptima.

También pueden considerarse otro tipo de clases de alternativas que pueden tener algún grado de dependencia; por ejemplo, las alternativas complementarias, cuyo resultado, cuando se realizan simultáneamente, es sinérgico en el sentido en que sus beneficios combinados son mayores que la suma de los beneficios individuales.

Por otro lado, se pueden considerar las alternativas sustitutas, lo cual significa que cuando se hacen de manera simultánea se genera un efecto de entropía, en el sentido en que los beneficios totales son menores que la suma de los beneficios individuales.

Para realizar todo lo anterior, el decisor debe contar con medidas de efectividad y métodos que le permitan tomar las decisiones adecuadas en cada caso. Existen varios métodos de decisión; unos utilizan el concepto de cambio del valor del dinero a través del tiempo, y otros no. Los que se mencionan en el siguiente capitulo hacen uso de este concepto o, lo que es lo mismo, del principio o concepto de equivalencia.

Los criterios adecuados para decidir entre alternativas de inversión requieren que previamente se determine una tasa de interés con la cual calcular o comparar las diversas medidas de efectividad. Aquí se presentan los diferentes métodos que tienen en cuenta el cambio del valor del dinero a través del tiempo y que, por lo tanto, deberán hacer uso de una tasa de descuento. La tasa de descuento es aquella tasa de interés que establece las relaciones de equivalencia de un decisor cuando se enfrenta a varias alternativas para su evaluación, o sea, la tasa de interés, i, que hace al decisor indiferente entre *\$1* hoy y *\$(1+i)* al final de un período. Tal vez una de las mayores dificultades del decisor es identificar la tasa de descuento adecuada. Esto se complica cuando hay que tomar decisiones para una entidad y hay riesgo involucrado; mucho más, cuando se trata de una inversión social en la cual los beneficios son, por lo general, intangibles o muy difíciles de medir.

2.2 El proceso de decisión y elaboración de modelos.

La toma de decisiones es algo natural en el ser humano. Siempre se están tomando decisiones y muchas veces ni nos percatamos de ello. Tomar decisiones es como hablar en prosa, la gente lo hace en forma permanente, de manera consciente o inconsciente *(Kahneman y Tversky, 2000)*.

Las decisiones de inversión tienen como objetivo mostrar un contexto general para enmarcar el quehacer del gerente en cuanto a la toma de decisiones de inversión. Se utiliza el concepto de modelo como alternativa para visualizar la realidad y hace énfasis en la necesidad de que los modelos construidos reflejen esta realidad, si bien en forma sencilla y sintética, de manera fiel y práctica.

La idea es estudiar situaciones relacionadas con alternativas cuantificables en términos económicos y a las cuales se puede asociar una serie de beneficios netos o egresos netos en dinero; estas cantidades de dinero se pueden ubicar en el futuro, lo cual implica que las decisiones tienen un determinado nivel de incertidumbre. En algunos casos los resultados asociados a un determinado curso de acción son muy difíciles de evaluar en términos monetarios. Algunas de las consideraciones difíciles de cuantificar son de tipo ético, moral, social, económico, político, estético, etcétera, y por el hecho de no ser cuantificables no deben ser despreciadas. De hecho, muchas decisiones que desde el punto de vista económico y financiero son aparentemente aceptables, son rechazadas por los decisores. El analista de proyectos sólo tiene en cuenta los elementos de tipo económico y financiero cuantificables, y muchas veces su recomendación no es atendida por la alta dirección; no debe pensarse que la evaluación fue incorrecta o que ella no se tuvo en cuenta. Lo que suele suceder es que quien toma la decisión final involucra más elementos de juicio que no se encuentran en el análisis económico de las alternativas.

Se pueden considerar algunas causas de fracaso de los proyectos:

- Metodología inadecuada de evaluación
- Falta de seguimiento y control.
- Ausencia de análisis de incertidumbre.

Para analizar estas situaciones es necesario simplificar la realidad; una manera de hacerlo es representarla por medio de un modelo.

Cuando se proyecta una realidad, generalmente se crea un modelo. Un modelo es una representación de una realidad. Esta representación será tan detallada y precisa como se desee y se pueda en términos de recursos.

Sobre la necesidad de sintetizar y analizar un problema real, *(Wilson, 1952)* dice: "Aun las más restringidas porciones del mundo real son demasiado complejas para ser comprendidas con detalles completos y exactos por el ser humano. Debido a una cosa, que bajo una observación muy refinada se encuentra que es imposible despreciar las interacciones con el resto del Universo. Como consecuencia, es necesario ignorar muchas de las características reales de un evento bajo estudio y hacer abstracción de ciertos aspectos de la situación real, que en conjunto dan una versión idealizada del evento real. Esta idealización, si es exitosa, proporciona una aproximación muy útil de la situación real".

Existen diversas clases de modelos, según el modo de representar la realidad y según el uso.

Según el modo de representar la realidad:

a) Diagramas. Es una forma esquemática de presentar una realidad. Indican relaciones, flujos, posiciones, etc. Ejemplos de estos modelos son los organigramas que indican posiciones y eventualmente relaciones entre los miembros de una organización.

b) Caja Negra. Este modelo no explica lo que sucede dentro del modelo. Se piensa que el proceso generador interno se desconoce y sólo se sabe qué entra (insumo) y qué sale (producto); por esto se conoce también con el nombre de insumo-producto.

c) Causa-efecto. Cuando en el modelo anterior se conoce o se aproxima la forma como se comporta la realidad y se puede establecer una relación de *causa y efecto* entre variables de entrada y salida, entonces se llama causa-efecto. En algunos casos, la forma como se comporta el modelo se puede expresar en forma matemática.

d) Modelos físicos: Estos también tratan de representar la realidad, sin llegar a ser tan esquemáticos como los anteriores. Dentro de esta clasificación se pueden incluir las maquetas (tridimensionales) y los mapas y planos (bidimensionales).

e) Modelos virtuales. Por medio de vistas desde diversas perspectivas se puede lograr una ilusión de realidad que tal parece que se estuviera frente a la presencia real de un objeto.
f) Mapas conceptuales. Son métodos que permiten representar visualmente una cierta cantidad de información. Permiten entender con una sola mirada un contenido complejo de información. Los mapas conceptuales permiten que nuestro cerebro entienda cierta cantidad de información muy compleja, haciendo acopio del poder de nuestra visión. El cerebro humano puede comprender mejor las ideas cuando se presentan en forma visual.

Según el uso:

a) Normativos. Es una manera teórica de concebir una realidad: muestra cómo debe operar. Como su nombre lo indica, establece unas reglas de funcionamiento; este tipo de modelo no siempre coincide con la realidad. Por ejemplo, en un organigrama se muestra que el rector de una universidad es la "máxima autoridad"; sin embargo, puede existir una estructura informal que no aparece en el modelo, por ejemplo, con el vice-rector como la autoridad real dentro de la organización.

b) Descriptivos. Este tipo de modelo trata de representar la realidad tal como la percibe un observador. Por ejemplo, un investigador puede observar el funcionamiento del proceso de decisión de una organización y posteriormente elaborar un modelo que describa lo visto.

Algunos *(Keeny y Raiffa y Bell, Raiffa y Tversky)* piensan que existen además modelos prescriptivos que indican la manera en que un decisor debería enfocar sistemáticamente un problema y tomar decisiones. Estos autores permiten pensar que realmente la clasificación de acuerdo con el uso no es muy clara y que los modelos no son estrictamente normativos, ni estrictamente descriptivos. Por otro lado, *(French y Xie, 1994)* anotan que el propósito de cualquier análisis de modelos es proporcionar una mejor comprensión de la realidad. Al utilizar modelos descriptivos se pretende entender cómo los demás toman las decisiones; los modelos normativos pretenden explorar las implicaciones de ciertas normas o patrones ideales de comportamiento; y por último, el análisis prescriptivo trata de explorar los juicios, criterios y preferencias de los decisores, cuando se enfrentan con problemas reales y su propósito es hacer que los decisores entiendan y profundicen sobre su proceso de decisión; más precisamente, este análisis debe conducir a un modelo que le indique al decisión cómo tomar decisiones para mantener la consistencia entre ellas.

Como los modelos simplifican la realidad parten de supuestos fuertes que no siempre se cumplen. Una de las cualidades de un buen analista es la de conocer bien el modelo que escoge, de tal manera, que pueda verificar si las condiciones de la realidad que pretende estudiar se cumplen. Por otro lado, un buen modelo debe tratar de incluir la mayor cantidad de elementos de la realidad que sean posibles, para confirmar o predecir su comportamiento. El modelador debe tener conciencia de todo lo que hay medible en esa realidad y debe tratar de predecir o establecer las posibles consecuencias cuando no se pueden involucrar algunos elementos que la determinan. Después de configurado el modelo, y sólo entonces, será posible reducir o minimizar el conjunto de supuestos y condiciones, en el entendido de poder determinar o medir las consecuencias de eliminarlos, sobre el comportamiento del modelo. Algunos ejemplos de modelos en el ámbito financiero son el concepto de equivalencia, expresado como $P=F/(1+i)n$, la contabilidad de una empresa, un presupuesto o un flujo de caja futuro.

En la vida de las organizaciones o del individuo, siempre se presentan situaciones por resolver. Las formas de solucionarlas son variadas y por lo general, con recursos escasos. Esta es la razón por la cual existen la Economía y la Administración y su tarea es precisamente la toma de decisiones. Al presentarse diversas alternativas de solución, es razonable pensar en seleccionar la mejor de ellas. Aquí el término mejor puede tener diversos significados, según los objetivos del decisor.

La función de un gerente es tomar decisiones. Se enfrenta a un problema cuando hay escasez de recursos (restricciones) y varias soluciones. Cuando hay exceso de recursos o cantidades en la práctica ilimitadas, no hay dificultades en la elección. Sin embargo siempre, aun en la abundancia, habrá que escoger un curso de acción.

En la medida en que se analicen más alternativas, las probabilidades de alcanzar la solución óptima aumentan. Al plantear alternativas de acción se requiere de información pertinente la cual está, en todos los casos, relacionada con el futuro. Esto lleva a tratar el problema de la incertidumbre; si el análisis se hace suponiendo certeza absoluta, es porque así se puede manejar más fácilmente; en ningún caso porque se considere que el mundo es determinístico. Precisamente la mayor dificultad del decisor es enfrentarse a cursos de acción para los cuales no tiene certeza acerca de los diferentes resultados y es por ello que debe hacer predicciones y previsiones; esto es, deberá no sólo hacer un esfuerzo por escudriñar el futuro en cuanto a los posibles valores de una variable, sino prever o predecir eventos o escenarios futuros.

Capítulo 3

Modelos para la evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos se ha transformado en una herramienta prioritaria a utilizar por las personas que participan en el desarrollo de las etapas de la asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión.

Su objetivo es crear una metodología sistemática que permita analizar un conjunto de antecedentes para juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada iniciativa. La técnica desarrollada no debe ser tomada como decisional sino sólo como una posibilidad de dar más información a quién debe decidir.

La evaluación se basa en estimaciones de lo que se espera sean en el futuro los beneficios y costos que se asocien a un proyecto. Se basa además en una serie de decisiones que deberán ser tomadas por quién realiza la evaluación.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante conocer las herramientas y los modelos ya establecidos para la evaluación de proyectos de inversión, por lo que en este capítulo se describen de una manera introductoria a las herramientas tradicionales de evaluación de proyectos tanto para el supuesto de certeza y de incertidumbre, así como el modelo de evaluación desarrollado por Schwartz y Zozaya.

3.1 Modelos de decisión bajo certeza

Como la situación que se le presenta al decisor es la de analizar flujos de caja libre hacia el futuro de los diferentes escenarios de un proyecto, se hace necesario buscar mecanismos que permitan comparar las cifras de cada uno de ellos. Una forma de hacerlo es utilizar el concepto de equivalencia para llevar los flujos de caja libre a un período determinado y allí sí comparar las cifras. Los métodos que aquí se estudiarán tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

En condiciones de certeza, los modelos clásicos de valoración son:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Razón Costo – Beneficio (RCB).

3.1.1 Valor actual neto (VAN)

El VAN es uno de los criterios financieros más comunes en la evaluación de proyectos. Es un criterio dinámico. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con la inversión inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que la inversión inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

El VAN se define como el valor obtenido en cantidades monetarias, después de actualizar los flujos de efectivo (anuales) futuros durante la vida del proyecto y restarlos a la inversión inicial. O bien, como la diferencia entre el valor actual de los flujos netos de efectivo y la inversión inicial.

Puede expresarse de la siguiente forma:

$$VAN = [\Sigma\, FNE_t / (1+i)^t] - Io$$

donde:

Σ = Sumatoria de t igual a cero hasta n períodos.
FNE = Flujo neto de efectivo en el año t.
i = Tasa de descuento (TREMA).
Io = Inversión inicial.

La tasa de descuento utilizada en el VAN tiene características particulares que vale la pena comentar. En primer lugar, esta tasa debe ser definida de acuerdo a la naturaleza del proyecto, por lo cual, se establece sobre topes mínimos, es decir, esta tasa debe ser una Tasa de Rentabilidad Mínima Aceptada *(TREMA, ver apéndice A)* para el inversionista.

La TREMA es un elemento que puede presentar dificultades para su determinación. Considerando lo anterior, existen varios criterios o factores a tomar en cuenta para determinarla *(Baca, 1995):*

- La inflación prevaleciente en la economía.
- La tasa de interés sobre inversiones a largo plazo en el mercado de dinero o capitales.
- El costo ponderado de capital de las diferentes alternativas de financiamiento para el proyecto.

Cuanto más grande sea la TREMA el valor del VAN disminuye y viceversa. Esto es así, en virtud de que, cuando los flujos de efectivo se descuentan a una tasa cada vez mayor llega un punto que al descontarle la inversión inicial, el VAN se convierte negativo, como se observa en la figura 3.1.

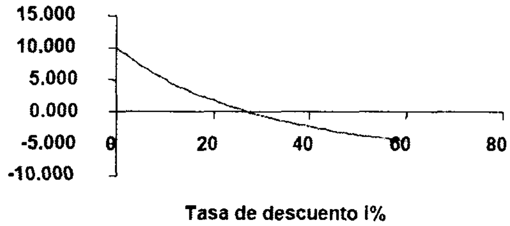


Figura 3.1 Representación gráfica VAN

Los criterios utilizados para decidir sobre el proyecto por este método son los siguientes:

1. VAN > 0: el proyecto se acepta.
2. VAN = 0: el proyecto se acepta o en todo caso se revisa.
3. VAN < 0: el proyecto debe ser rechazado.

La idea general es que un VAN positivo, además de recuperar la inversión inicial obtiene beneficios en términos monetarios; no obstante, un VAN igual a cero no significa que la utilidad del proyecto sea nula. Significa que proporciona una utilidad similar a otra alternativa de inversión financiera a la misma tasa, por ejemplo los CETES a largo plazo.

La ventaja de este método es que considera el efecto del tiempo sobre el valor del dinero y es relativamente fácil de entender y aplicar. Sin embargo, este modelo presenta una serie de desventajas, entre ellas están: el hecho de que es una "fotografía del momento" y el que posee una baja flexibilidad en condiciones de incertidumbre, como son las que posee un proyecto tecnológico. Pese a lo anterior, esta es la técnica más utilizada ya que ha tenido gran difusión a nivel académico.

3.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado en la evaluación de proyectos. En su término más general se puede definir como la tasa de descuento que hace que el VAN = 0.

La tasa interna de retorno representa en términos económicos, el porcentaje o la tasa de interés devengada sobre el saldo aún no recuperado de una inversión. El saldo aún pendiente de una inversión puede verse como la porción de la inversión inicial que está por recuperarse después de que los pagos de intereses y los ingresos se han agregado y deducido, respectivamente, hasta el momento sobre la escala de tiempo que se esté considerando. Surge así el concepto fundamental de la tasa interna de retorno (TIR). Es la tasa de interés producida por el saldo aún no recuperado de una inversión, de manera que el saldo restante al finalizar la vida de la inversión es igual a cero.

Dicho lo anterior, la TIR, matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$0 = [\Sigma\, FNE_t / (1+i^*)^t] - Io = VAN = 0$$

donde:

Σ = Sumatoria de t igual a cero hasta n períodos.
FNE = Flujo neto de efectivo en el año t.
i^* = Tasa interna de retorno (TIR).
Io = Inversión inicial.

El cálculo de la tasa interna de retorno, si se realiza manualmente, requiere por lo general una solución de ensayo y error que haga que el VAN se iguale a cero.

Para un mismo proyecto, utilizando el VAN y la TIR la decisión debe ser siempre la misma, es decir, si la TIR es mayor que la TREMA, entonces el VAN es mayor que cero. Por el contrario, si la TIR es menor que la TREMA, entonces el VAN es menor que cero. Por consiguiente, es obvia su equivalencia como criterios de evaluación.

De acuerdo con el criterio de la TIR existen tres resoluciones aplicables a cualquier proyecto:

1. Si la TIR > TREMA: el proyecto debe ser aceptado.
2. Si la TIR = TREMA: el proyecto se acepta o en todo caso se revisa.
3. Si la TIR < TREMA: el proyecto debe ser rechazado.

Las ventajas son:

- Muestra la tasa máxima a la que el proyecto debe contraer sus créditos.

- Para situaciones de inversión en las cuales el conocimiento sobre el futuro y sobre las tasas futuras de interés sea altamente incierto, la TIR puede constituir una forma aceptable y fácil para comparar la rentabilidad económica de alternativas de inversión.

Las desventajas son:

- La principal desventaja se presenta cuando los flujos de efectivo muestran un comportamiento irregular, es decir, que existan flujos positivos y negativos de forma desordenada. En estos casos, pueden existir varias TIR por lo cual no puede llegarse a una conclusión certera sobre el proyecto.

- La TIR puede mentir, debido a que no siempre se cumple que a mayor TIR mayor es la rentabilidad del Proyecto, por ejemplo podemos apreciar en el gráfico de la figura 3.2 que el proyecto que posee la TIR más alta, es solo más rentable que el otro en un segmento, por lo que este criterio no otorga una conclusión definitiva de comparación.

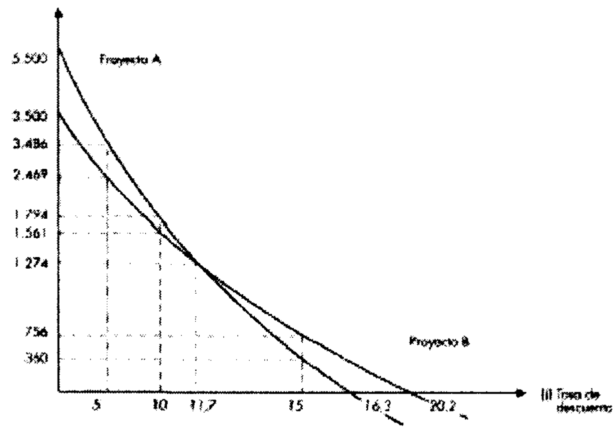


Figura 3.2 Comparación de la TIR

3.1.3 Razón costo – beneficio (RCB)

La razón costo – beneficio se define como una razón porcentual entre los ingresos y egresos generados por el proyecto. Es un indicador que nos dice cuanto gana el proyecto por cada peso invertido en el mismo.

Matemáticamente se expresa como sigue:

$$RCB = [\Sigma Y_t\,(1+i)^{-t}] \,/\, [\Sigma E_t\,(1+i)^{-t}]$$

donde:

Σ = Sumatoria de t igual a cero hasta n.
Y_t = Ingresos en el año t.
E_t = Egresos en el año t.

La actualización de los ingresos y egresos se realiza a partir del año 0, esto es así, debido a que se está considerando a la inversión inicial como un egreso en el año 0.

En realidad este criterio en relación al VAN proporcionan igual información. Cuando el VAN es cero la RBC es igual a 1. Si el VAN es positivo la RCB es mayor que 1. Finalmente, si el VAN es negativo la RCB será menor que 1.

Ante esto los criterios de decisión serán:
1. RCB > 1: el proyecto debe ser aceptado.
2. RCB = 1: el proyecto se acepta o en todo caso se revisa.
3. RCB < 1: el proyecto no tiene sentido económico.

Las ventajas son:
- Es coherente con el VAN y la TIR, es decir, utilizando estos tres criterios la decisión sobre un proyecto debe ser la misma.

- Muestra la rentabilidad de la inversión total del proyecto (inicial y de producción) y no solamente en relación a la inversión inicial como lo presupone el índice de rentabilidad.

Las desventajas son:
- No muestra un valor concreto en términos monetarios, pero sí, un porcentaje sobre cada peso invertido durante toda la vida del proyecto.
- Posee una baja flexibilidad en condiciones de incertidumbre.

3.2 Modelos de decisión bajo incertidumbre

En la toma de decisiones bajo certeza se ha hecho una suposición muy fuerte: que las consecuencias futuras de una decisión de inversión, son determinísticas. No es necesario insistir en este punto, pues es obvio que los hechos futuros son impredecibles.

Uno de los problemas que se presentan en la comprensión de los temas de administración y gerencia es que muchos términos tienen significados múltiples; ejemplos de esto se encuentran con mucha frecuencia en los temas contables y financieros (términos como *ingreso, flujo de caja, flujo de fondos*, para citar solo tres). En particular, cuando se habla de *riesgo* o *incertidumbre* la confusión se incrementa porque existe un conocimiento previo –intuitivo tal vez– de lo que es la incertidumbre. Por ejemplo, *Hillier (1963)* habla de riesgo e incertidumbre como si fueran iguales, lo mismo sucede con *Hespos y Strassman (1965)*, para sólo citar unos pocos; *Múnera (1978)*, por otro lado, hace la distinción entre riesgo e incertidumbre. Lo cierto es que existen grados de incertidumbre y en la medida en que ella disminuye con la información recolectada, se puede manejar en forma analítica cada vez más.

Los casos de riesgo, como lo distingue Morris, son muy particulares y los más comunes están relacionados con situaciones de azar (loterías, ruletas, rifas, etcétera.) o con decisiones a cuyos resultados posibles se les ha asignado una distribución de probabilidad. Para la incertidumbre, por el contrario, no se posee información suficiente como para asignarle una distribución de probabilidad.

En este contexto se considera que el riesgo y la incertidumbre se producen por la variabilidad de los hechos futuros y por su desconocimiento, es decir, el riesgo y la incertidumbre de un proyecto se define como la variabilidad de los flujos de caja reales respecto de los estimados. En general se hablará de que una decisión se toma *bajo riesgo* o *bajo incertidumbre*.

En condiciones bajo riesgo o incertidumbre, los modelos más usados son:
- Árboles de decisión
- Opciones reales
- Modelo Black - Scholes
- Modelo Schwartz - Zozaya

3.2.1 Árboles de decisión

Es una técnica gráfica que permite representar y analizar una serie de decisiones futuras de carácter secuencial a través del tiempo, vale decir los posibles escenarios que podrían presentarse a medida que avance el proyecto.

En un árbol de decisiones hay líneas rectas que son las ramas, cuadrados que son los nodos o puntos de decisión y círculos que son nodos o puntos de azar. Las ramas que se extienden de los nodos indican las alternativas que se pueden tomar en el caso de nodos de decisión, o los diferentes resultados de un evento en el caso de los nodos de azar. A cada rama se le asigna una probabilidad de ocurrencia. De esta forma el árbol representa todas las combinaciones posibles de escenarios de decisión futuro, pudiendo decidir mediante un cálculo del valor actual neto el resultado final.

El ejemplo de la figura 3.3 consiste en el lanzamiento de un nuevo producto al mercado. En el primer punto de decisión hay que enfrentarse a dos alternativas: Introducir a escala nacional o a escala regional. En el segundo punto de decisión hay que decidir entre ampliar a nivel nacional o continuar a nivel regional.

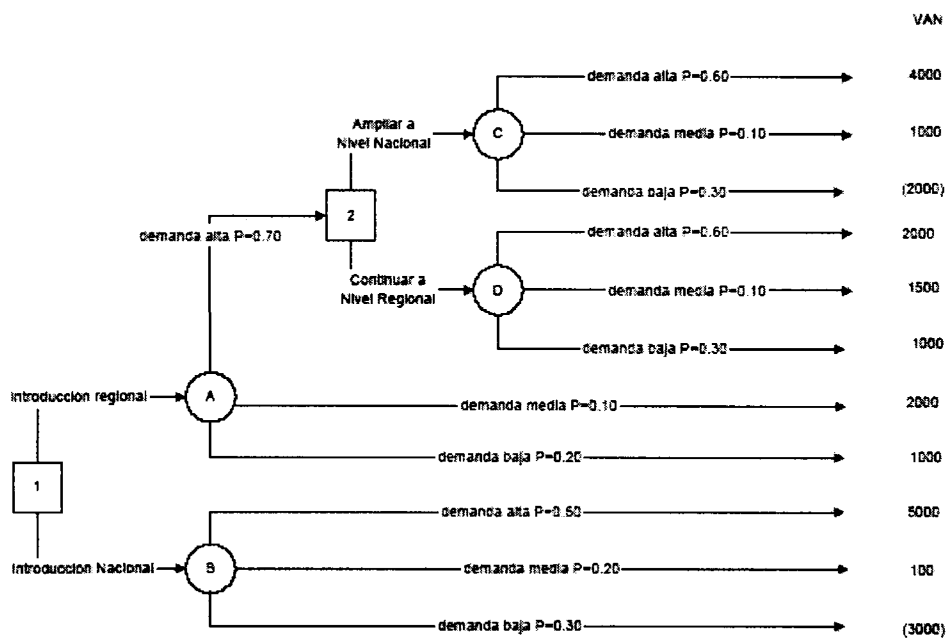


Figura 3.3 Ejemplo de árbol de decisión

Para cada rama que representa los posibles resultados producto de las decisiones tomadas y comenzando desde el final, se calcula un VAN esperado mediante la expresión:

$$VE(VAN) = \sum_{i=0}^{N} VAN_i * p_i$$

Para el ejemplo tenemos lo siguiente en las decisiones de ampliar a nivel nacional, continuar a nivel regional, introducción regional e introducción nacional.

0.60x4000=2400	0.60x2000=1200	0.70x1900=1330	0.50x5000=1330
0.10x1000=100	0.10x1500=150	0.10x2000=200	0.20x100=20
0.30x(2000)=(600)	0.30x1000=300	0.20x1000=200	0.30x(3000)=900
VE(VAN)=1900	VE(VAN)=1650	VE(VAN)=1730	VE(VAN)=1650

Tabla 3.1 Calculo de VAN Esperado (VE)

Para cada decisión, representada en el árbol de decisión por medio de un cuadrado, se seleccionará aquella rama que presente un mayor VAN esperado. Para el ejemplo se selecciona la introducción regional, para luego ampliar a nivel nacional. Esta técnica posee la ventaja de que permite evaluar decisiones futuras a tomar de carácter secuencial a través del tiempo, vale decir los posibles escenarios que podrían presentarse a medida que avance el proyecto. Las desventajas radican principalmente en la dificultad de asignarle probabilidad a todos los posibles estados de decisión (escenarios).

3.2.2 Opciones reales

El enfoque de opciones reales está basado en el concepto general de opciones. Es un enfoque nuevo, pero no reciente. Fue desarrollado por *Fischer Black y Myron Scholes desde 1973*. Este enfoque permite suplir una deficiencia del VAN en el sentido que este método de evaluación de alternativas supone que las inversiones son o todo o nada, en cambio con las opciones se le da valor a la flexibilidad.

Una opción otorga el derecho más no la obligación, de comprar o vender una cantidad determinada de un activo subyacente (una acción, una mercancía básica, divisa, instrumento financiero, etc.) a un precio preestablecido (el precio de ejercicio) dentro de un periodo determinado. Existen dos tipos de opciones: opciones de compra (opciones *call*) y opciones de venta (opciones *put*).

Opción de compra

La opción de compra otorga el derecho, más no la obligación, de comprar cierta cantidad de un bien a un determinado precio, para ejercerse durante cierto periodo. Este derecho se adquiere a cambio del pago de una prima o precio. Por ejemplo, se puede adquirir por $525 una opción de compra de una acción de la Compañía Nacional de Chocolates para comprar en $10.500 esta acción en o antes de diciembre 30 de 2003.

Opción de venta

La opción de venta u opción *put* otorga el derecho, más no la obligación, de vender una cantidad de un bien, a un precio determinado, el cual se ejerce durante un lapso previsto. Para adquirir este derecho se debe pagar una prima. Por ejemplo, se puede adquirir por

\$130, una opción para vender una acción de Banco en \$2.600 antes de octubre 18 de 2003.

Opciones europeas y opciones americanas

Existen dos estilos de opciones, las opciones americanas y las opciones europeas. Esta terminología no se refiere al mercado de comercialización, ya que ambos estilos se comercian tanto en Estados Unidos como en Europa. La única diferencia es que la opción americana puede ejercerse en cualquier momento durante la vida del contrato, mientras que la opción europea sólo puede ejercerse al vencimiento.

Valor de una opción

La idea detrás de una opción es la siguiente: si se puede comprar una acción, por ejemplo, a un precio predefinido, se espera que en el momento de ejercer el derecho de compra el precio de la acción esté más alto que el precio estipulado en la opción. Para una opción de venta la situación es la contraria: se espera que el precio de mercado de la acción sea menor que el pactado en la opción de venta.

El valor de una opción de compra, por ejemplo, está definido por:

$$V_o = max(V_m - VE, 0)$$

donde V_o es el valor de la opción, V_m es el precio de mercado de la acción, VE es el precio de ejercicio de la opción en el período de maduración y *max* significa el máximo valor entre $(V_m - VE)$ y 0. Esto significa que el valor de una opción no puede tener valor negativo.

En el caso de poseer una opción de venta el comportamiento es diferente y está definido por:

$$V_o = max(VE - V_m, 0)$$

donde V_o es el valor de la opción, V_m es el precio de mercado de la acción, VE es el precio de ejercicio de la opción en el período de maduración y *max* significa el máximo valor entre $(VE - V_m)$ y 0. Esto significa que una opción no puede tener valor negativo.

3.2.3 Modelo Black Scholes

Diversos enfoques se destacan en el estudio de la metodología de opciones reales, distinguiéndose sobre todo el modelo Black Scholes para valuar opciones de compra de activos financieros (que se caracterizan por incertidumbre bursátil como son las acciones). Este modelo se basa en que los resultados de las opciones, ejercerlas o no, siguen un comportamiento binomial.

La formulación del modelo es:

$$V_o = V_s N(d_1) - (VE/e^{rt})N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln (V_s/VE) + [r + 0.5(\sigma^2)]t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln (V_s/VE) + [r - 0.5(\sigma^2)]t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Donde:
V_o = valor de la opción
N(d) = valor normalizado de d1
Vs = precio actual o precio de contado de la acción
VE = precio de ejercicio de la opción
r = tasa de interés libre de riesgo
t = período o plazo de tiempo
σ = volatilidad del precio de la acción

Sin embargo, el enfoque de opciones no sólo se aplica a acciones. Algunos autores usan este modelo evaluar proyectos de inversión, estableciendo una analogía de parámetros como lo muestra la tabla 3.2.

Opción call en acciones	*Opciones reales en proyectos*
Precio de contado de la acción	VP de los flujos de caja
Precio de ejercicio	Costo de la inversión
Fecha de ejercicio	Plazo hasta que la oportunidad desaparece
Volatilidad del precio de la acción	Incertidumbre sobre los precios del proyecto
Tasa de interés libre de riesgo	Tasa de interés libre de riesgo

Tabla 3.2 Mapeo de características

Cuando se utiliza la regla del Valor Actual Neto (VAN) para evaluar una inversión la decisión es de todo o nada. La regla es: Si el VAN es mayor que cero acepte, si es negativo, rechace la inversión. En la vida real pueden existir posibilidades de aplazar la inversión o de cancelarla si se ha emprendido. Al ser una decisión de todo o nada, el VAN desestima el valor de la flexibilidad. Las opciones reales permiten darle esta flexibilidad, permitiendo la opción de esperar o de abandonar el proyecto según sea necesario.

En la opción de esperar, la empresa puede esperar x años para ver si el precio del producto justifica emprender un determinado proyecto. Lo que es equivalente a poseer una opción de compra sobre un determinado proyecto.

En la opción de abandonar, si las condiciones de mercado cambian, la gerencia puede abandonar de manera definitiva el proyecto y vender los activos y otros equipos en mercados de segunda. Lo que es equivalente a poseer una opción de venta sobre el precio del proyecto.

La evaluación de los proyectos de inversión se ha hecho fijando una vida de los proyectos y calculando los VPN. Esto supone que no hay posibilidad de hacer cambios en los proyectos, sí las hay, se conocen como opciones reales, en estos casos el valor de un proyecto será entonces el VPN del proyecto más el valor de la opción.

Valor actual del proyecto = VAN básico + Valor de la opción

Ejemplo *(Caso tomado de Breakley y Myers, 2001):*

La empresa YYY tiene el proyecto de lanzar al mercado el ordenador MARK I.

El resumen de flujo de caja del proyecto MARK I es como se muestra en la figura 3.4 y en la tabla 3.3. El valor de la tasa de interés es del 20%.

Año	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Monto	-$450	+$60	+$59	+$195	+$310	+$125

Tabla 3.3 Flujo de caja proyecto MARK I

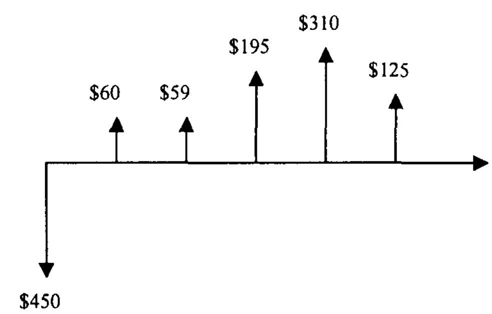


Figura 3.4 Flujos de caja del proyecto MARK I

$$VAN = -\$450 + \$60(1.2)^{-1} + \$59(1.2)^{-2} + \$195(1.2)^{-3} + \$310(1.2)^{-4} + \$125(1.2)^{-5}$$
$$VAN = -\$450 + \$50 + \$40.97 + \$112.84 + \$149.49 + \$50.23$$
$$VAN = -\$46.45$$

Al evaluar el VAN de este proyecto, el resultado sale negativo por lo que en primera instancia el proyecto debe rechazarse, sin embargo la gerencia de la empresa considera el proyecto como "estratégico" y decide evaluar una segunda etapa MARK II como una opción de compra: emprender la segunda etapa dependiendo de las condiciones de mercado.

Supuestos:

- La decisión de invertir en MARK II se tomara dentro de tres años.

- La inversión en MARK II es de 900 millones y se considera fija.
- Los flujos de caja libres de MARK II tienen un valor presente o actual de \$800 en el año de iniciación de la segunda etapa y hoy valen \$800/(1.20)3 = \$463
- El valor de los flujos futuros de caja es muy difícil de prever y por tanto se trabaja con una volatilidad del 35% (Acciones de alta tecnología).
- La tasa libre de riesgo aceptable a utilizar es de 10%

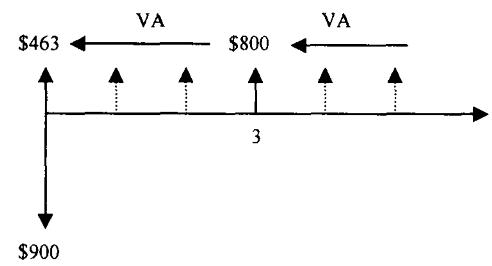


Figura 3.5 Flujos de caja del proyecto MARK II

Teniendo en cuenta lo anterior, la oportunidad de invertir en MARK II es una opción de compra a 3 años sobre un activo valorado en \$463 y con precio de ejercicio de \$900.

Por lo tanto,

Vs = \$463
VE = \$900
r = 10% de tasa libre de riesgo
t = 3 años
σ = 35%

$$V_o = 463*N(d_1) - (900/e^{0.1*3})*N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(463/900) + [0.1 + 0.5(0.35^2)]3}{0.35\sqrt{3}} = -0.2984$$

$$d_2 = \frac{\ln(463/900) + [0.1 - 0.5(0.35^2)]3}{0.35\sqrt{3}} = -0.9046$$

N(d1) = 38.27%
N(d2) = 18.41%

$$V_o = 463*0.3827 - (900/e^{0.1*3})*0.1841 = 54.44$$

El VAN total del proyecto es:
VAN básico + Valor de la opción = -\$46.45 + \$54.44 = \$8.00

Por lo tanto, el proyecto según esta metodología debe aceptarse.

En general, la idea de este modelo es permitir flexibilidad, es decir que se puedan evaluar opciones tanto de esperar como abandonar un proyecto según las condiciones de mercado.

3.2.4 Modelo Schwartz - Zozaya

Apoyándose en el modelo anterior y en los postulados sobre inversión en tecnología innovadora *(Christensen, 1997)*, Eduardo Schwartz y Carlos Zozaya proponen una metodología de evaluación usando el método de aproximación a opciones reales *(Schwartz-Zozaya, 2000)*, que da las primeras luces sobre lo que deberá ser la evaluación de proyectos de innovación en ambientes competitivos e inciertos, como suelen ser los ambientes de las empresas informáticas.

Como se menciono anteriormente, los modelos que proponen una metodología de evaluación mediante opciones reales, en contraste con la metodología tradicional del VAN, reconocen la habilidad de la organización de suspender, retrasar o abandonar un proyecto ya empezado.

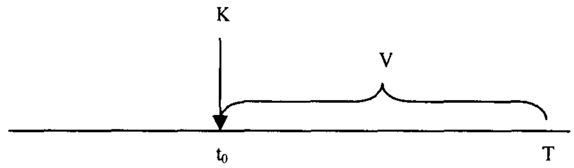
El modelo propuesto por Schwartz y Zozaya precisamente toma en cuenta las opciones de invertir, esperar la inversión o abandonar el proyecto. En general la idea de este modelo es establecer las opciones de decisión comparando además del VAN, el valor de los beneficios totales del activo a través del tiempo, de manera que si el valor de este es menor al establecido por un punto critico no es conveniente invertir. Esto es porque generalmente a lo largo del tiempo cambia el valor de los bienes que se pretenden adquirir en un proyecto y sobre todo los relacionados con las tecnologías de información.

El problema al evaluar proyectos con incertidumbre en los costos de inversión es que no se sabe cuando ocurrirán cambios, si serán positivos o negativos, o cual será la magnitud del cambio, sin embargo para medir este aspecto algunos autores estiman de forma probabilística esta influencia del tiempo en el valor de los bienes o los costos, como lo hace Black-Scholes en su modelo cuando consideran la volatilidad del precio de la acción (que no es más que la raíz cuadrada de la varianza del valor S de los bienes, acumulada a lo largo de *t* periodos de tiempo).

Otro punto importante en este modelo es que el VAN que se toma en cuenta en este análisis no es el establecido de forma básica sino que esta formado por unas ecuaciones que plantean incertidumbre representada por ciertos parámetros específicos, como lo es el parámetro que representa el cambio en el costo que tiene el activo o bien principal en el tiempo.

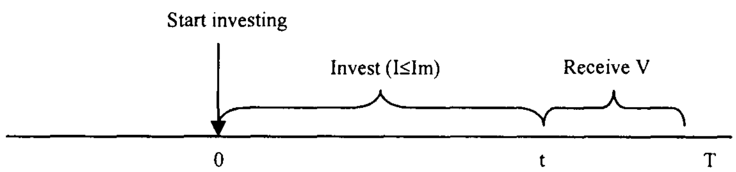
Schwartz y Zozaya dividen su metodología para dos tipos de proyectos específicos de inversión:

a) Proyecto de adquisición de TI



Donde:
K es la inversión representada por un solo pago hecho en el tiempo t.
V son los flujos de efectivo que recibe como beneficio el proyecto.
T es el periodo o plazo de tiempo.
t es el tiempo donde se desembolsa el monto de inversión (que representa el momento en el que se adquiere un activo y se empieza a comercializar).

b) Proyecto de desarrollo de TI



Donde:
I es la inversión.
Im es la máxima inversión.
V son los flujos de efectivo que recibe como beneficio el proyecto.
t es el tiempo donde se termina el desarrollo del activo.
T es el periodo o plazo de tiempo.

En este caso el activo no es adquirido instantáneamente, es el desarrollo de un proyecto con cierta duración *t*, en el cual la organización invierte continuamente a una tasa *I* que tiene que ser menor o igual a *Im* (tasa máxima de inversión) y que genera los costos del proyecto (*K*), y sólo hasta que se termina el desarrollo del activo la organización recibe los flujos de efectivo *(V)* como beneficio.

Los dos tipos de proyectos estudiados por estos autores son complementarios, la única diferencia es que el caso de adquisición de proyectos de TI el costo de inversión inicial es único en el tiempo cero. En general, el modelo Schwartz-Zozaya plantea en conjunto la incertidumbre en cuanto a los costos y a los flujos de efectivo del proyecto, además del cambio de valor de los beneficios totales del activo a través del tiempo.

Modelo para proyectos de desarrollo de TI

En este modelo la inversión es continua y procede a menos que un evento catastrófico haga que se abandone (este evento esta representado por λ) o que el valor futuro de los beneficios totales del proyecto V(F) caigan a un valor crítico $V^*(k)$.

La idea de este modelo es calcular el VAN tanto para una función de costos (K) como para otra de beneficios (V). De manera que la organización debe monitorear los cambios en K y V.

La formulación del modelo es:

$$VAN(V,K) = V_{pv} - K_{pv}$$

Donde:
V_{pv} → *Valor actual o presente de los beneficios del proyecto.*
K_{pv} → *Valor actual o presente de los costos del proyecto.*

$$V_{pv} = V(0)e^{-(r_f + \lambda + \mu_v + \eta_v)}$$

Donde:
$V(0)$ → *Valor actual de los flujos de efectivo traídos al tiempo cero.*
r_f → *Tasa libre de riesgo (Risk-free rate).*
λ → *Probabilidad de un evento catastrófico (Catastrophe probability rate).*
μ_v → *Incertidumbre en los flujos de efectivo (Cash flow uncertainty).*
η_v → *Compensación por riesgo en los valores del flujo de efectivo (Risk Premium on cash flow value).*

$$K_{pv} = \frac{I(0)+K(0)}{(r_f + \lambda + \delta)D}$$

Donde:
$I(0)$ → *Valor actual de las inversiones traídas al tiempo cero.*
$K(0)$ → *Valor actual de todos los costos posteriores a la inversión.*
r_f → *Tasa libre de riesgo (Risk-free rate).*
λ → *Probabilidad de un evento catastrófico (Catastrophe probability rate).*
δ → *Parámetro que representa el riesgo de cambio en los costos (Rate of cost change).*
D → *Tiempo de duración del proyecto.*
Im → *Máximo monto de inversión posible de la compañía por periodo.*

Una vez que se encuentran estos valores, el criterio de valoración es de la siguiente forma:

VAN	*Valor del activo*	*Valor de esperar*	*Decisión optima*
VAN(V,K) > 0	V(F) < V*(K)	+	Esperar (si es posible) o invertir (si la opción de esperar no es posible)
VAN(V,K) > 0	V(F) > V*(K)	0	Invertir a una tasa I = Im

VAN(V,K) ≤ 0	V(F) > V*(K)	+	Esperar (si es posible) o abandonar (si la opción de esperar no es posible)
VAN(V,K) ≤ 0	V(F) < V*(K)	-	Abandonar el proyecto

Tabla 3.4 Decisión en proyectos de desarrollo de TI

Modelo para proyectos de adquisición de TI

En este modelo la inversión es única y se da en el tiempo cero. Al igual que el caso anterior procede a menos que un evento catastrófico haga que se abandone (este evento esta representado por λ) o que el valor futuro de los beneficios totales del proyecto *V(F)* caigan a un valor crítico *V*(k)*.

La idea de este modelo es calcular el VAN para una función de beneficios (*V*) y otra para el costo de inversión (*K*). De manera que la organización debe monitorear los cambios en *K* y *V*.

La formulación del modelo es:

$$VAN(V,K) = V_{pv} - K_{pv}$$

Donde:
V_{pv} → *Valor actual o presente de los beneficios del proyecto.*
K_{pv} → *Valor actual o presente de los costos del proyecto.*

$$V_{pv} = V(0)e^{-(r_f + \lambda + \mu_v + \eta_v)}$$

Donde:
$V(0)$ → *Valor actual de los flujos de efectivo traídos al tiempo cero.*
r_f → *Tasa libre de riesgo (Risk-free rate).*
λ → *Probabilidad de un evento catastrófico (Catastrophe probability rate).*
μ_v → *Incertidumbre en los flujos de efectivo (Cash flow uncertainty).*
η_v → *Compensación por riesgo en los valores del flujo de efectivo (Risk Premium on cash flow value).*

$$K_{pv} = \frac{K + C(0)}{(r_f + \lambda + \delta)D}$$

Donde:
K → *Monto de la inversión inicial.*
$C(0)$ → *Valor actual de todos los costos posteriores a la inversión.*
r_f → *Tasa libre de riesgo (Risk-free rate).*
λ → *Probabilidad de un evento catastrófico (Catastrophe probability rate).*
δ → *Parámetro que representa el riesgo de cambio en los costos (Rate of cost change).*
D → *Tiempo de duración del proyecto.*

Una vez que se encuentran estos valores, el criterio de valoración es de la siguiente forma:

VAN	*Valor del activo*	*Valor de esperar*	*Decisión optima*
VAN(V,K) > 0	V(F) < V*(K)	+	Esperar (si es posible) o invertir (si la opción de esperar no es posible)
VAN(V,K) > 0	V(F) > V*(K)	0	Invertir el monto K
VAN(V,K) ≤ 0	V(F) > V*(K)	+	Esperar (si es posible) o abandonar (si la opción de esperar no es posible)
VAN(V,K) ≤ 0	V(F) < V*(K)	-	Abandonar el proyecto

Tabla 3.5 Decisión en proyectos de adquisición de TI

Ejemplo proyecto Yankee 24 *(Caso tomado de Benaroch y Kauffman, 1999)*

En 1999 Benaroch y Kauffman usaron el modelo Black Scholes para evaluar un proyecto que envolvía la implementación de un punto de ventas (POS) de servicios de tarjetas de debito para la red electrónica de bancos (Yankee 24) de Nueva Inglaterra.

La tabla 3.6 indica los flujos de caja del proyecto reportados por Benaroch y Kauffman.

Periodo	*Mes – Año*	*Ganancias*	*Costos de operación*
0.0	Enero – 87		
0.5	Julio – 87		
1.0	Enero – 88	$353	$20,000
1.5	Julio – 88	$861	$20,000
2.0	Enero – 89	$2,097	$20,000
2.5	Julio – 89	$5,109	$20,000
3.0	Enero – 90	$12,447	$20,000
3.5	Julio – 90	$30,326	$20,000
4.0	Enero – 91	$73,886	$20,000
4.5	Julio – 91	$180,015	$20,000
5.0	Enero – 92	$438,588	$20,000

Tabla 3.6 Flujos de caja del proyecto Yankee 24

Las ganancias fueron estimadas usando datos históricos de las transacciones POS en California y asumiendo que el mercado de Nueva Inglaterra tendría un comportamiento similar al del mercado de California. Los costos operacionales fueron estimados en $40,000 por año divididos en $20,000 semestrales, y una inversión inicial de $400,000 necesitada para levantar la red. El tiempo requerido para desarrollar la red se asumió en un año, de manera que después de este año la compañía estaría lista para capturar ganancias. La volatilidad de las ganancias esperadas fue estimada en 50% con una compensación por riesgo del 10% basándose en una serie de entrevistas con analistas de decisión de la compañía. El tiempo tentativo del proyecto se proyecto en 5 años divididos en 10 semestres. La tasa libre de riesgo del 7%. El valor crítico de los beneficios totales que se estableció fue de \$580,000.

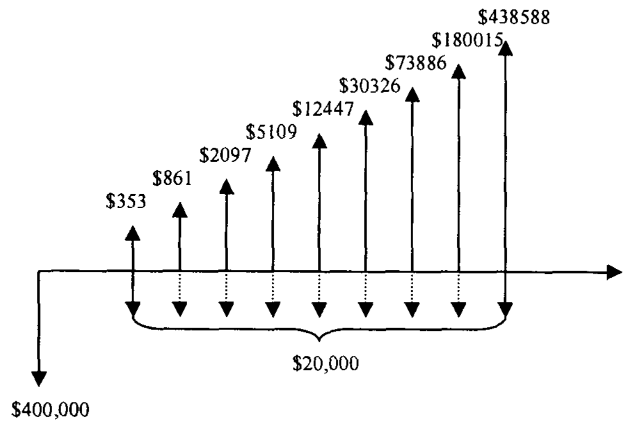


Figura 3.6 Flujos de caja del proyecto Yankee 24

Como se puede observar en la descripción de este caso, el proyecto es de adquisición de TI, ya que sólo se sólo una inversión inicial de \$400,000, y los demás son costos de operación.

Por lo tanto, la formulación del modelo es:

$$VAN(V,K) = V_{pv} - K_{pv}$$

Donde:
$V_{pv} \rightarrow$ *es el valor actual o presente de los beneficios del proyecto.*
$K_{pv} \rightarrow$ *es el valor actual o presente de los costos del proyecto.*

$$V_{pv} = V(0)e^{-(r_f + \lambda + \mu_v + \eta_v)}$$

Donde:
$r_f = 7\%$ *(Risk-free rate)*
$\lambda = 10\%$ *(Catastrophe probability rate)*
$\mu_v = 50\%$ *(Cash flow uncertainty)*
$\eta_v = 10\%$ *(Risk Premium on cash flow)*
$V(0) =$ *Valor actual de los flujos de caja de los beneficios traídos al tiempo cero.*

$V(0) = 353(1.07)^{-2} + 861(1.07)^{-3} + 2{,}097(1.07)^{-4} + 5{,}109(1.07)^{-5} + 12{,}447(1.07)^{-6} + 30{,}326(1.07)^{-7} + 73{,}886(1.07)^{-8} + 180{,}015(1.07)^{-9} + 438{,}588(1.07)^{-10} = 397{,}307.48$

$V_{pv} = 397{,}307.48e^{-(0.07+0.1+0.5+0.1)} = 183{,}958.55$

Ahora,

$$K_{pv} = \frac{K + C(0)}{(r_f + \lambda + \delta)D}$$

Donde:
K = \$400,000 (Monto de inversión)
δ = 8% (Cost change)
D = 10 semestres
$C(0)$ = Valor actual de todos los costos posteriores a la inversión.

$C(0) = 20{,}000(1.07)^{-2} + 20{,}000(1.07)^{-3} + 20{,}000(1.07)^{-4} + 20{,}000(1.07)^{-5} + 20{,}000(1.07)^{-6} + 20{,}000(1.07)^{-7} + 20{,}000(1.07)^{-8} + 20{,}000(1.07)^{-9} + 20{,}000(1.07)^{-10} = 121{,}778.64$

$$K_{pv} = \frac{400{,}000 + 121{,}778.64}{(0.07 + 0.1 + 0.08)10} = 208{,}711.45$$

Por lo tanto,

$$VAN(V,K) = 183{,}958.55 - 208{,}711.45 = -24{,}752$$

Ahora para calcular $V(F)$,

$V(F) = 353(1.07)^{8} + 861(1.07)^{7} + 2{,}097(1.07)^{6} + 5{,}109(1.07)^{5} + 12{,}447(1.07)^{4} + 30{,}326(1.07)^{3} + 73{,}886(1.07)^{2} + 180{,}015(1.07)^{1} + 438{,}588 = 781{,}563.96$

Por lo tanto, observando la tabla 4 de decisiones se ve que debido a que tenemos un VAN negativo pero una $V(F)$ mayor al valor critico impuesto por la compañía, lo ideal es esperar a que se mejoren las condiciones de mercado o si la opción de esperar no es posible lo conveniente es abandonar el proyecto.

Una de las ventajas de este modelo con respecto al de Black Scholes es que su naturaleza esta más enfocada a proyectos de inversión del giro de las tecnologías de información, ya que en el modelo de Black Scholes su naturaleza esta más enfocada a evaluar activos financieros como son las acciones. Sin embargo, pese a esto la desventaja principal de este modelo es la subjetividad en la asignación de valores para los parámetros utilizados.

Capítulo 4

Modelo propuesto

Este modelo consta de un análisis basado en establecer un punto de recuperación entre la relación de las ganancias (profits) de la tecnología contra los costos de inversión generados por la misma, a manera de proyectar en una línea de tiempo real el momento aproximado a partir del cual la empresa recupera la inversión hecha y empieza a generar utilidades. Para poder establecer este análisis de recuperación se utilizan dos funciones (costos y beneficios) basabas en fundamentos económicos básicos como son el concepto de equivalencia, el valor actual neto, la tasa de retorno a la inversión, la tasa de rentabilidad mínima aceptable, todo esto delineado a través de un modelo estocástico (shot-noise) que refleja la incertidumbre del proyecto.

Esta incertidumbre se describe principalmente en cuatro factores: primero en el hecho de contar con instantes y cantidades aleatorias de inversión, segundo el tener presente que el efecto competencia se puede presentar en cualquier momento trayendo consigo una posible perdida en la penetración de mercado, tercero que la llegada o captura de clientes no esta garantiza y puede ser diferente a la planeada, y cuarto la presencia de un evento catastrófico que haga que el proyecto se tenga que abandonar, al decir un evento catastrófico nos referimos a un evento o situación extraordinaria que termine con la vida del proyecto como puede ser que la tecnología ya no tenga impacto comercial por el descubrimiento de alguna mejor, que el mercado cambie su percepción con respecto a la tecnología, que se muera un empleado clave, que una decisión a nivel gerencial detenga la inversión, que una falla técnica haga imposible de desarrollar la tecnología, etc.

4.1 Costos de inversión

En primer lugar se asume que antes de desplegar el servicio o producto tecnológico *(deployment time)* hay una etapa de desarrollo que dura un tiempo T, y que durante este tiempo no existen ganancias esperadas sino costos generados por concepto de inversión. Esta inversión puede ser planificada de diversas formas, es decir, mediante un solo pago inicial, mediante pagos periódicos constantes, pagos no periódicos y diferidos, etc., según le convenga a la empresa.

En comparación con el modelo de Schwartz – Zozaya, donde los proyectos de inversión son divididos en proyectos de adquisición y desarrollo, este modelo incluye de una forma genérica el hecho de que la tecnología pueda ser adquirida mediante un solo pago, o que se tenga que hacer pagos periódicos para desarrollarla y después lanzarla al mercado.

De manera que estos costos o pagos de inversión pueden ser representados como una serie de impulsos Poisson en τ_i, con coeficientes de magnitud aleatoria. Como lo muestra la siguiente ecuación:

$$m(t) = \sum E_i \delta(t-\tau_i)$$

Donde τ_i se considera el instante en el que es hecho el desembolso o pago de una cierta cantidad, y E_i es una secuencia de magnitudes aleatorias independientes de τ_i que representa el monto de la cantidad hecha en el desembolso τ_i.

El tiempo τ_i puede ocurrir regularmente a una tasa programada $\tau_i = i\tau$, sin embargo se puede dar el caso que debido a resultados en el ambiente tecnológico se pueda tanto como anticipar o retrasar estos gastos o costos de inversión. Por ejemplo, alguna nueva inversión puede ser retrasada hasta que ciertas metas en la etapa de desarrollo sean cumplidas, por caso contrario algunas inversiones pueden ser anticipadas con la finalidad de hacer frente a movimientos de la competencia.

Ahora, si tomamos en cuenta que los costos de inversión deben alinearse al fundamento económico del valor del dinero a través del tiempo *(concepto de equivalencia, ver apéndice B)*, entonces es necesario tomar en cuenta el factor interés, por lo tanto surge la necesidad de usar una función $h(t)$ que describa esta acción:

$$h(t) = (1+i)^t$$

Donde i representa la tasa de interés, y t el tiempo donde finalizan los gastos de inversión.

La tasa de interés que se establece se llama tasa de descuento o tasa de rentabilidad mínima aceptable *(TREMA, ver apéndice A)*.

Tomando en cuenta lo anterior, el modelo para representar los costos de inversión generados para todo el tiempo de vida de un proyecto puede ser planteado con un proceso shot-noise *(Ver apéndice C)* de la siguiente manera:

$$I(t) = h(t) * \sum E_i \delta(t-\tau_i)$$

$$I(t) = \sum E_i h(t-\tau_i)$$

Donde gráficamente $I(t)$ estaría siguiendo un comportamiento como en el que se muestra en la figura 4.1.

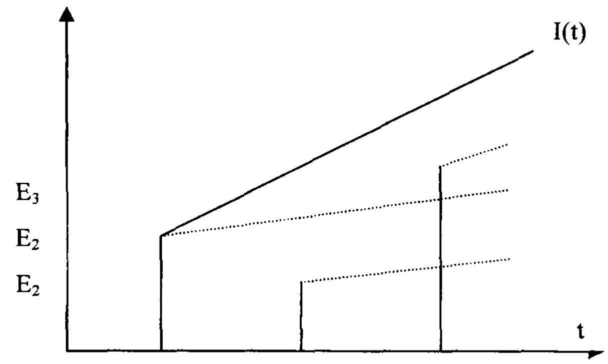


Figura 4.1 Costos de inversión

Por ejemplo, si tuviéramos inversiones anuales como se muestra en la tabla 4.1 y con una tasa de descuento del 10%, la función *I(t)* sería como se muestra en la figura 4.2, es decir, lo que hace la función *h(t)* es llevar los pagos de inversión hechos en cada periodo a un pago único futuro equivalente a una tasa de descuento *i*.

Año	*Monto de la inversión*	*Valor I(t)*
1	$100	100.00
2	$100	210.00
3	$100	331.00
4	$30	394.10
5	$30	463.51
6	$30	539.86

Tabla 4.1 Valor del costo de inversión por año y con interés

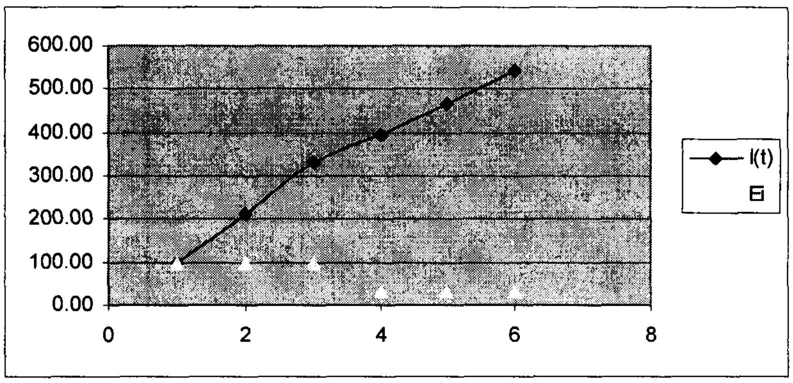


Figura 4.2 Gráfica de la función I(t)

Es importante mencionar que los gastos de inversión van más allá del tiempo en el que la compañía despliega o lanza al mercado el producto o servicio tecnológico *(deployment time)*, ya que después de esto toda compañía debe considerar gastos de operación.

4.2 Penetración de mercado

La penetración de mercado no es nada más que la representación gráfica de cómo se va dando la llegada de clientes o usuarios con el paso tiempo. Esta penetración tiene una duración establecida por el ciclo de vida del proyecto, y su inicio esta marcado una vez que la compañía se decide a lanzar la tecnología al mercado comercial *(deployment time).*

Comúnmente la práctica nos muestra que en las primeras etapas de introducción del producto o servicio tecnológico, la captura de clientes es lenta y es seguida por un periodo de crecimiento que llega a su final con una tendencia a estabilizarse en algún valor, es decir, que sigue el comportamiento de una curva "s".

En la figura 4.3 se muestra las tres etapas de la evolución de mercado *(Pineda, 2004)*:

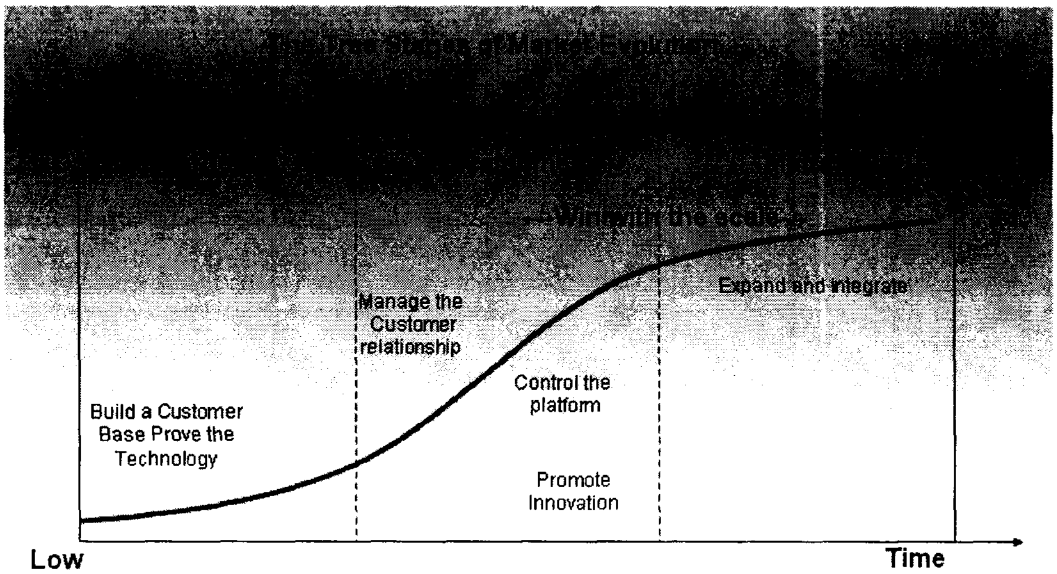


Figura 4.3 Etapas de evolución de mercado

Etapa 1 (Emergencia o surgimiento): Es donde se empieza a captar los primeros clientes y se construyen atributos fundamentales que los caracterizan

Etapa 2 (Desarrollo): Es donde se da la mayor captación de clientes, se desarrollan técnicas para administrar las relaciones con el cliente, y se promueve la innovación.

Etapa 3 (Madurez): Aquí se caracteriza porque baja la captura de clientes hasta llegar a estabilizarse en un cierto mercado potencial tope, generalmente en esta etapa las empresas empiezan la proyección de nuevos productos o servicios sustitutos o complementarios.

4.3 Función de penetración de mercado.

Como se puede observar en la figura 4.3, la curva de penetración de mercado tiende a seguir el comportamiento de una curva "s". Esta curva "s" es normalmente representada matemáticamente por funciones logísticas *(ver apéndice D)*. Sin embargo, en este análisis se parte del supuesto de que la función log-logística es la que más se ajusta para simular la penetración de mercado, ya que a diferencia de la función logística esta función tiene parámetros que son más flexibles y manejables a la hora de formar una determinada curva de penetración "s", además del hecho de que la hazard de la función logística no representa fielmente la tasa de arribo de clientes como lo hace la hazard de la función log-logística.

4.3.1 Características de la función log-logística

La función log-logística es una función matemática que representa una variable que se incrementa primero lentamente luego crece con mayor rapidez y finalmente vuelve al crecimiento lento hasta llegar a estabilizarse en un valor determinado. La ecuación que describe a la función log-logística es la siguiente:

$$S(t) = \frac{A\,(\lambda t)^p}{1 + (\lambda t)^p}$$

Donde A, λ y p representan los parámetros que le van a dar la forma a la curva "s".
A = Parámetro que representa el mercado potencial total de usuarios esperados.
λ = Parámetro que regula la forma de la curva
p = Parámetro que regula la forma de la curva.

El parámetro A es el que da el punto donde se va a estabilizar la curva "s", es decir es el parámetro que indica el mercado potencial total aproximado de clientes o usuarios que se pueden llegar a tener durante el tiempo de vida del proyecto, y los parámetros λ y p son los que le dan la flexibilidad a la curva en cuanto a la forma y localización. A continuación se muestran una serie de graficas usando diferentes valores para los parámetros:

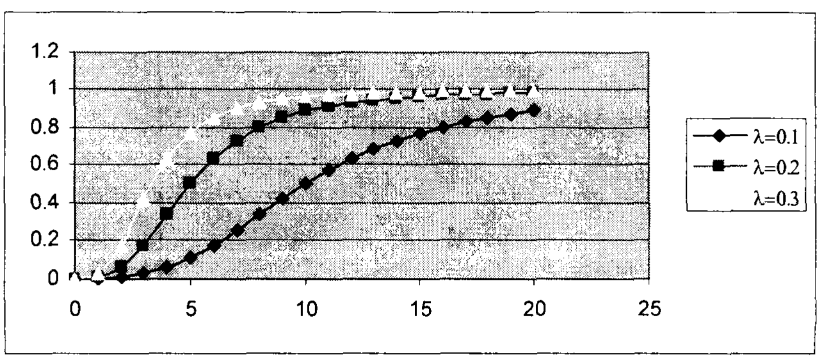


Figura 4.4 Gráfica para A=1, p=3

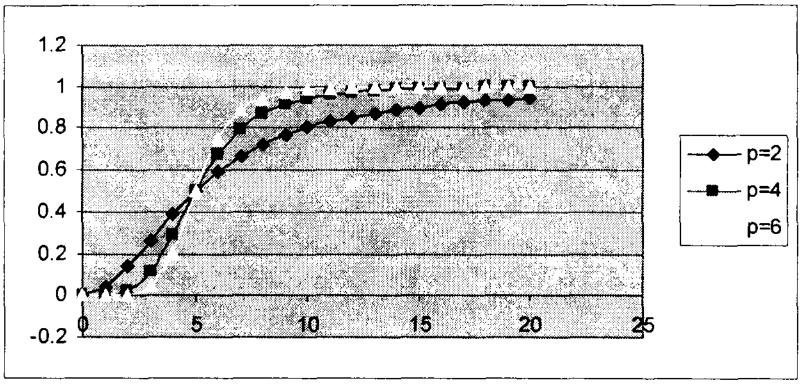


Figura 4.5 Gráfica 3 para A=1, λ=0.2

Si observamos en las gráficas anteriores, la función log-logística tiene ciertos comportamientos específicos con respecto a sus parámetros, como son:

- Mientras más grande sea λ, la curva crece más rápidamente.
- Mientras más grande sea p, la curva tiende a ser más vertical.
- Si las λ son iguales, las curvas comparten un tiempo común con el mismo valor independientemente del valor de p.

Ahora bien, si a esta función *S(t)* de penetración de mercado la consideramos como una función de distribución, es posible que podamos obtener su respectiva función de confiabilidad *R(t)* y su función hazard *h(t),* como se muestra en la figura 4.6.

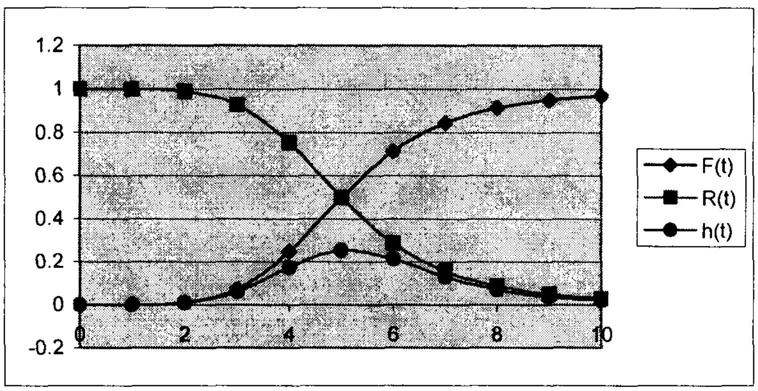


Figura 4.6 Gráfica función R(t) y h(t) log-logística

Donde la relación entre estas funciones esta dada por las siguientes formulas:

$$S(t) = \frac{A\,(\lambda t)^{p}}{1 + (\lambda t)^{p}}$$

$$f(t) = S'(t) = \frac{A\lambda p\,(\lambda t)^{p-1}}{[\,1 + (\lambda t)^{p}\,]^{2}}$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{A\lambda p\,(\lambda t)^{p-1}}{1 + (\lambda t)^{p}}$$

Nótese que la función hazard log-logística *h(t)*, sigue una representación típica en la tasa de arribo de clientes cuando se penetra en el mercado, es decir, al principio la tasa de arribo es lenta después tiene un crecimiento importante hasta que llega el punto donde vuelve a descender.

Ventajas de usar la función log-logística.

- La función log-logística es una curva que describe la simulación típica de penetración de mercado (curva "s"), con la flexibilidad de tener dos parámetros que dan la oportunidad de moldear dicha curva a requerimientos específicos de comportamiento.

- A diferencia de la función logística, esta función siempre empieza en cero, es decir que el valor que toma cuando $t=0$ siempre es cero, lo que hace que se tenga precisión desde el principio del análisis, ya que al momento exacto de lanzar la tecnología al mercado no es posible que ya se tenga clientes.

Tiempo	*S(t) Función log-logistica*
0	0
1	0.038461538
2	0.137931034
3	0.264705882
4	0.390243902
5	0.5
6	0.590163934
7	0.662162162
8	0.719101124
9	0.764150943

Tabla 4.2 Valores de la función log-logística para cada año

4.3.2 Función de penetración de mercado con la presencia de competencia

Una vez que ya tenemos definido la función que va representar el comportamiento de la curva de penetración de mercado *S(t)*, es importante añadirle el efecto que tendría en esta curva el surgimiento de una compañía competidora.

Supongamos que en un tiempo aleatorio de la curva de penetración de mercado *S(t)* se presenta el "efecto de competencia", y al decir efecto de competencia nos referimos a que una compañía competidora lancé al mercado un producto tecnológico alterno o sustituto. Por lo tanto, la función de penetración de mercado *S(t)* va a tener el comportamiento previsto en el análisis normal hasta el momento en el que la compañía competidora haga el despliegue de su producto o servicio tecnológico (para efectos de nuestro modelo este momento va a estar representado por $t = \xi$), pero una vez que la compañía competidora haya desplegado su tecnología, la función *S(t)* de penetración de mercado va a tomar un nuevo comportamiento que va a estar determinado por una nueva función *A(t)*, la cual a su vez va a tener una componente *f* que va a ser la que va a controlar la curva de penetración de mercado para $t \geq \xi$.

La variable *f* es simplemente una representación matemática de cómo afecta en el comportamiento de la curva *S(t)* el surgimiento de una entidad competidora.

Es decir,

$$S(t) = A / 1 + e^{-\alpha t + x} \quad \xrightarrow{\text{A partir de } t \geq \xi} \quad S(t) = A(t) / 1 + e^{-\alpha t + x}$$

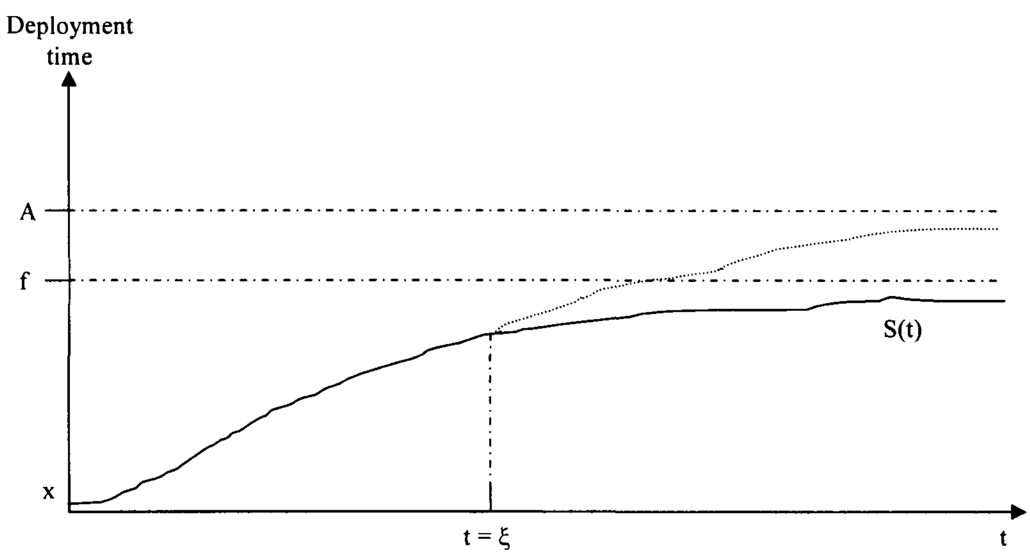


Figura 4.7 Función de penetración de mercado con la presencia de competencia.

Para lograr que *A(t)* sea una función que tenga implícito dos comportamientos de la curva para $t \leq \xi$ y $t \geq \xi$, se hizo uso de funciones escalón, de manera que:

$$A(t) = A^*U(-t+ \xi) + f^*U(t- \xi)$$

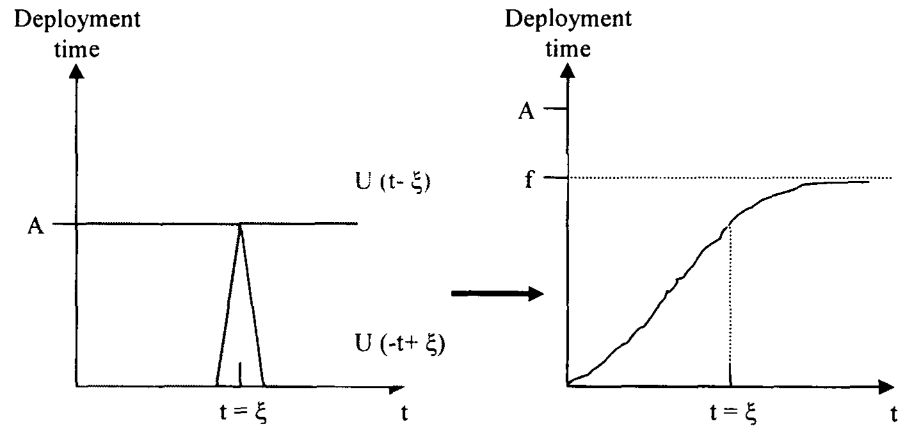


Figura 4.8 Funciones escalón unitario

Donde *f* como se menciono anteriormente va a ser la componente que va a determinar el comportamiento de la curva de penetración de mercado *S(t)* una vez que haya entrado la competencia.

Por lo tanto, la *S(t)* quedaría de la siguiente forma:

$S(t) = A(t) / 1 + e^{-\alpha t + x}$

Para,

$A(t) = A*U(-t+ \xi) + f*U(t- \xi)$

$$\begin{cases} A(t) = A, & t \leq \xi \\ A(t) = f, & t \geq \xi \end{cases}$$

$f = y + (z - w)$

Donde: A = Mercado potencial total.
y = Mercado cubierto hasta t ≤ ξ.
z = Mercado faltante para t ≥ ξ.
w = Mercado proyectado a ser cubierto por la competencia.

Un ejemplo de lo anterior sería el siguiente caso:

Supongamos que tenemos pensado lanzar al mercado un "x" servicio tecnológico, y dentro de nuestro análisis de factibilidad se espera que a los 5 años después de haber lanzado este servicio alcanzamos la mitad (50%) del mercado potencial total, sin embargo también se espera que en este año (año 5) otra compañía lance un servicio sustituto o alterno de manera que se tiene proyectado que nos quite el 40% del mercado faltante.

Tomando en cuenta lo anterior, lo que hacemos es ajustar la función de penetración de mercado *S(t)* de manera que al año *5* se tenga el 50% del mercado potencial sin la presencia de competencia, como se muestra en la figura 4.9.

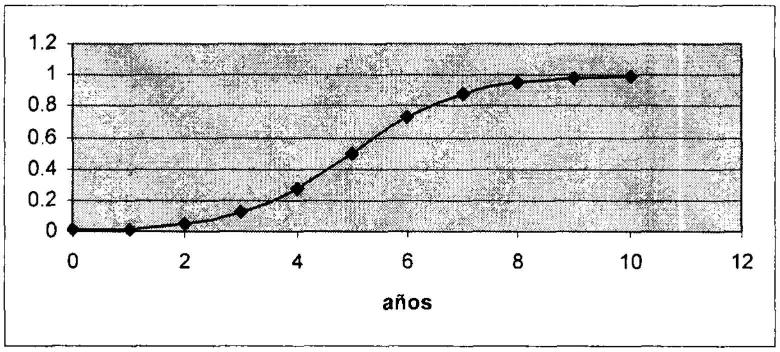


Figura 4.9 Gráfica de curva S(t), en el año 5 tiene el 50% del mercado.

Para lograr lo anterior la función *S(t)* quedo:

$S(t) = 1 / 1 + e^{-t + 5}$

Si ahora suponemos que la competencia lanza su servicio y nos quita el 40% del mercado faltante, es decir, el mercado para $t > 5$.

Por lo tanto, tenemos que redefinir la función de la siguiente manera:

$S(t) = A(t) / 1 + e^{-\alpha t + x}$

$A(t) = A^*U(-t+ \xi) + f^*U(t- \xi)$

$$\begin{cases} A(t) = A, & t \leq \xi \\ A(t) = f, & t \geq \xi \end{cases}$$

$f = y + (z - w)$

Donde: A = *Mercado potencial total.*
y = *Mercado cubierto hasta* $t \leq \xi$.
z = *Mercado faltante para* $t \geq \xi$.
w = *Mercado proyectado a ser cubierto por la competencia.*

$A = 1$, para efectos de facilidad en el análisis y porque es un valor escalable.

El mercado cubierto hasta $t \leq \xi$ corresponde al 50% de A, es decir, 0.5.
$y = A*(0.5) = 1*(0.5) = 0.5$

El mercado faltante, es decir el mercado para $t \geq \xi$ es igual a 0.5.
$z = A - y = 1 - 0.5 = 0.5$

El mercado proyectado a ser cubierto por la competencia es el 40% de z, es decir, 0.2.
$w = z*(0.4) = 0.5*(0.4) = 0.2$

Por lo tanto,

$f = y + (z - w) = 0.5 + (0.5-0.2) = 0.8$

Dado, lo anterior la $S(t)$ que incorpora el efecto de competencia en el caso descrito anteriormente sería:

$S(t) = A(t) / 1 + e^{-t + 0.5}$

$A(t) = 1*U(-t+ \xi) + 0.8*U(t- \xi)$

$$\begin{cases} A(t) = 1, & t \leq \xi \\ A(t) = 0.8, & t \geq \xi \end{cases}$$

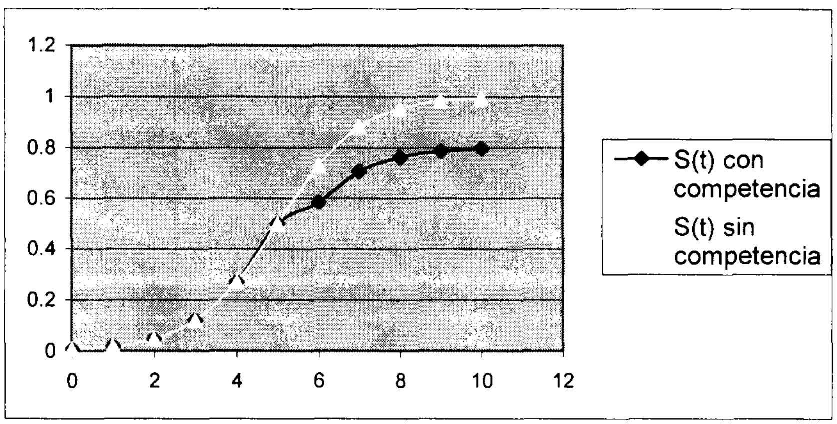


Figura 4.10 Gráficas de las curva S(t) con competencia y sin competencia

4.4 Ganancias o beneficios económicos

Para poder realizar un análisis de recuperación es necesario tener la penetración de mercado en términos económicos o de ganancias. Sin embargo esto no se puede realizar si antes no se ha identificado el tipo de mercado al que se va enfrentar el proyecto, por ejemplo puede ser un mercado de venta final donde un producto o servicio tecnológico es vendido a un cliente en una determinada cantidad y el cliente ya no tiene que pagar ninguna cantidad por uso o renta del mismo. Por el contrario, el mercado puede ser de utilidad sobre renta donde a diferencia del mercado de venta final el cliente si tiene que seguir pagando el uso o la renta del producto o servicio (se establece un contrato de abonado).

Dado lo anterior, podemos asumir que el cliente paga una cantidad r_j dependiendo del tipo de mercado que se trate, es decir, las ganancias estarían dadas por:

$r(t) = \sum_{j=1} r_j\, S(t - \xi_i)$ para un mercado de venta final.

ó

$r(t) = \sum_{j=1} f_j \int_{t^*}^{t_f} U(t - \xi_i)dt$ para mercado de utilidad sobre renta (abonado) donde f_j denota retribución por unidad de tiempo asociada a el cliente j.

Aunque la compra y las retribuciones periódicas de los clientes pueden cambiar de un cliente a otro, nosotros asumiremos para efectos de simplicidad de que pueden ser segregados por familias, de manera que sean constantes, esto es, $r_j=r$ y $f_j=f$.

Por lo tanto,

$r(t) = r * S(t)$ para un mercado de venta final.

ó

$r(t) = f * \int_{t^*}^{t_f} S(t)dt$ para mercado de utilidad sobre renta (abonado).

Donde t^* *(deployment time)* representa el tiempo de despliegue de la compañía y t_f el tiempo final.

4.5 Análisis de recuperación

La parte más importante dentro del modelo concierne al punto donde la función de ganancias $r(t)$ es mayor a la función generada por los costos de inversión $I(t)$. A partir de este momento se puede decir que el proyecto empieza a ser rentable para la empresa ya que es donde se recupera la inversión hecha y se empiezan a tener utilidades.

Lo que queremos saber es el tiempo t donde $p(t)$ se convierte no negativo, por lo tanto se define la rentabilidad como:

$$p(t) = -I(t) + r(t),$$

La figura 4.11 esquematiza el modelo completo, incluyendo la función de costos de inversión *I(t)*, la función de ganancias *r(t)*, y la función de recuperación o de rentabilidad *p(t)*.

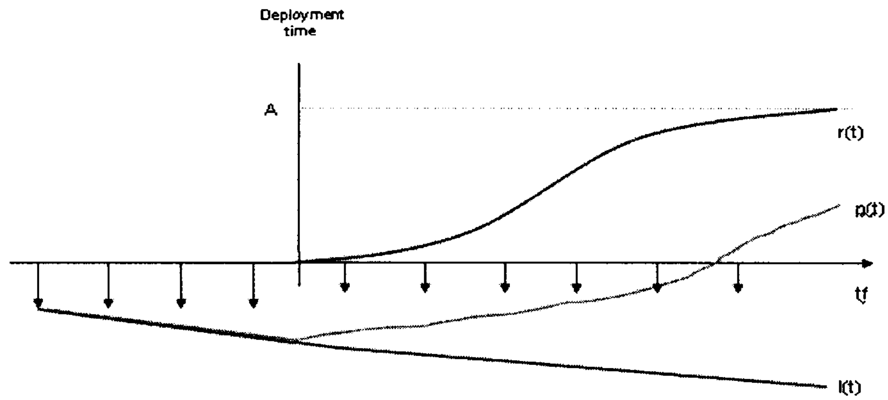


Figura 4.11 Esquema del análisis de recuperación

Donde la aleatoriedad como se muestra en la figura 4.12, se espera tanto en la función r(t) como en la función I(t), teniendo esto como consecuencia que el punto de recuperación p(t) se mueva.

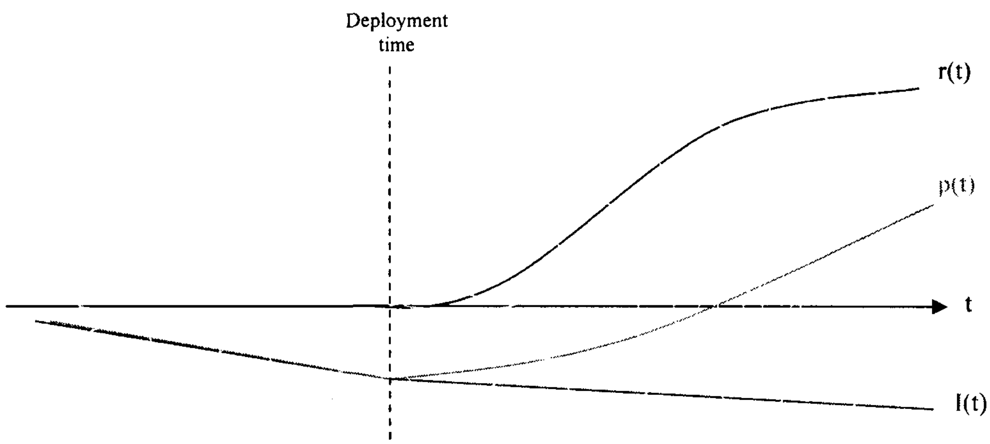


Figura 4.12 Esquema del análisis de recuperación con incertidumbre

4.6 Caso hipotético para simular el modelo

(Caso tomado de Kemma, A., 1993)

Suponga que la empresa "X" tiene pensado lanzar al mercado mexicano un producto tecnológico para el área de telefonía, se tiene contemplado que este producto genere ganancias a través de un esquema de utilidad sobre venta final, es decir, que el cliente solo haga un pago por el producto.

Los técnicos de la empresa indican que el periodo de desarrollo de este producto es aproximadamente de 3 años para poder lanzarse al mercado, solo si durante los primeros 2 años se realiza una inversión de \$100,000 dólares al inicio de cada año, y una vez que se haya lanzado el producto solo se contemplan gastos de operación de \$3,000 dólares al inicio de cada año también.

Según los estudios de campo y comerciales que se han llevado a cabo indican que alrededor del quinto año después de haber desplegado el producto se espera que ya se tenga acaparado la mitad del mercado potencial, además de que estos estudios también indican que el mercado potencial es de aproximadamente 500,000 usuarios.

Se tiene pensado que el costo del producto sea de \$5 dólares.

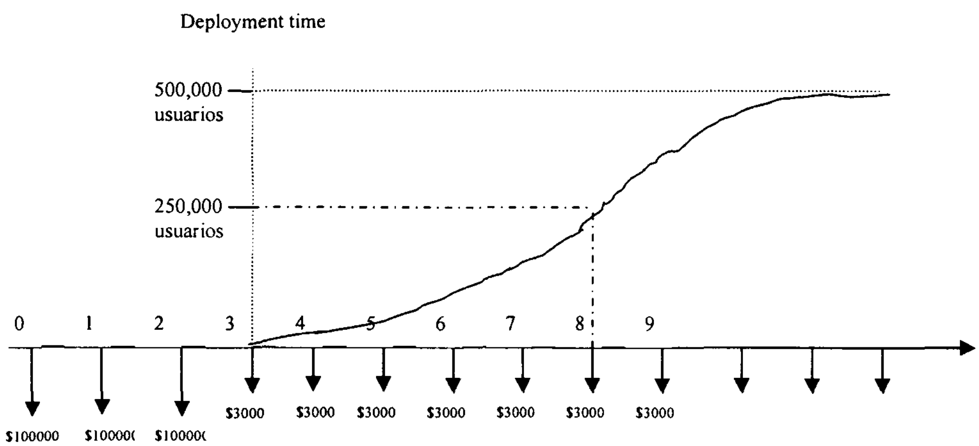


Figura 4.13 Flujos de caja del proyecto empresa "X"

Función de penetración de mercado

Para lograr que la función de penetración de mercado cumpla con las características de que el mercado potencial sea de 500,000 usuarios y de que al quinto año después de haberse lanzado la tecnología ya se tenga cubierto el 50%, se tuvo que modificar los parámetros de la función $S(t)$ de la siguiente manera:

$$S(t) = \frac{A * (\lambda t)^p}{1 + (\lambda t)^p} = \frac{500000 * (0.2t)^5}{1 + (0.2t)^5}$$

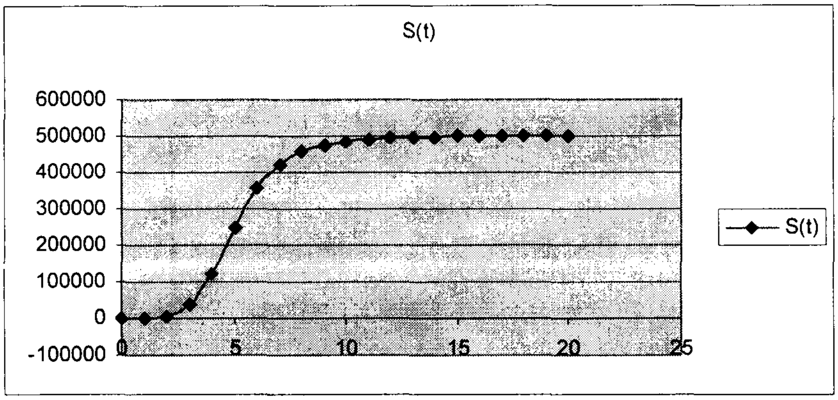


Figura 4.14 Gráfica de la curva S(t) con el 50% de mercado en el año 5

Como se puede observar en la gráfica de la figura 4.13, el 50% de mercado se logra en el quinto año después de haber lanzado el producto tecnológico.

Si ahora tomamos en cuenta que el producto tecnológico tiene un tiempo de despliegue o lanzamiento *(deployment time)* a partir del tercer año de vida del proyecto, la curva *S(t)* quedaría de la siguiente manera:

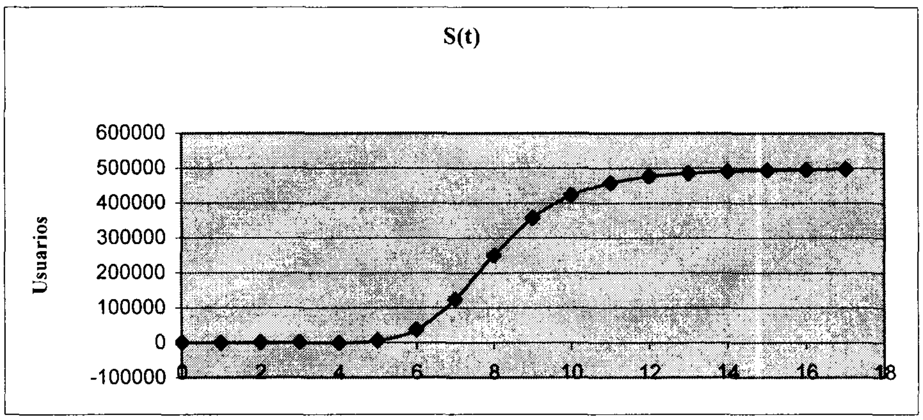


Figura 4.15 Gráfica de la curva S(t) desplazada al año de lanzamiento

Una vez que tenemos definida y colocada la función de penetración de mercado *S(t)*, tenemos que pasar a términos económicos, para esto regresamos a la definición del caso y nos damos cuenta de que se trata de un producto de mercado sobre venta final que tiene un precio de $5 dólares. Por lo tanto, el análisis matemático quedaría:

$r(t) = r * S(t)$ porque es un mercado sobre venta final.

Por lo tanto,

$r(t) = (5) * S(t)$

De manera que:

t	*S(t)*	*r(t)*
0	0	$0.00
1	0	$0.00
2	0	$0.00
3	0	$0.00
4	159.9488164	$799.74
5	5068.102629	$25,340.51
6	36074.82185	$180,374.11
7	123403.2297	$617,016.15
8	250000	$1,250,000.00
9	356664.5262	$1,783,322.63
10	421608.4688	$2,108,042.34

Tabla 4.3 Valores para S(t) y r(t) en cada año

Función de costos de inversión

Para poder realizar el análisis de recuperación tenemos que tener la función que va a representar los pagos por concepto de inversión que se llevaron a cabo durante todo el proyecto. Estos pagos deben estar ya planificados tentativamente por los analistas de la compañía que desea evaluar el proyecto, por ejemplo en el caso que se esta estudiando se tienen inversiones fuertes durantes los primeros 3 años de $100,000 dólares y después solamente se contemplan gastos por mantenimiento y operación de $3,000 dólares.

Función de costos de inversión:

$$I(t) = h(t) * \sum E_i \, \delta(t-\tau_i) = \sum E_i \, h(t-\tau_i)$$

Donde,

$$h(t) = (1+i)^t$$

Por lo tanto, si suponemos que la tasa de interés utilizada es del 10%, tendríamos los costos de inversión de la tabla 4.4

Tiempo	*Monto de la inversión, al inicio del año*	*Valor I(t)*
0	$100,000	$100,000
1	$100,000	$210,000
2	$100,000	$331,000
3	$3,000	$367,100
...	...	...
n	...	I(n)

Tabla 4.4 Valor de I(t) para diferentes tiempos

Análisis de recuperación

Teniendo en cuenta lo anterior, lo que resta es saber si el proyecto es factible económicamente o no, y a partir de que momento la empresa empieza a tener ganancias. Esto se logra definiendo una función de rentabilidad que va a ser la que le va a dar armas a la empresa para poder tomar decisiones fundamentales del proyecto, como por ejemplo si les convendría invertir menos, o darle un mayor precio al producto, o de plano abandonar la idea o esperar a que las tasas de interés bajen, es decir, mediante este modelo la empresa va a poder proyectar en la línea del tiempo lo que podría pasaría si decidieran continuar con el proyecto, inclusive dándoles la oportunidad de poder cambiar ciertas variables inciertas como lo son las inversiones.

Función de rentabilidad:

$$p(t) = -I(t) + r(t)$$

De manera que el análisis de recuperación quedaría de la siguiente forma:

t	$r1(t)$	$I(t)$	$p1(t)$
0	$0.00	-$100,000.00	-$100,000.00
1	$0.00	-$210,000.00	-$210,000.00
2	$0.00	-$331,000.00	-$331,000.00
3	$0.00	-$367,100.00	-$367,100.00
4	$799.74	-$406,810.00	-$406,010.26
5	$25,340.51	-$450,491.00	-$425,150.49
6	$180,374.11	-$498,540.10	-$318,165.99
7	$617,016.15	-$551,394.11	$65,622.04

Tabla 4.5 Valor del punto de recuperación p(t)

Donde el punto de recuperación estaría localizado como se muestra en la gráfica de la figura 4.15.

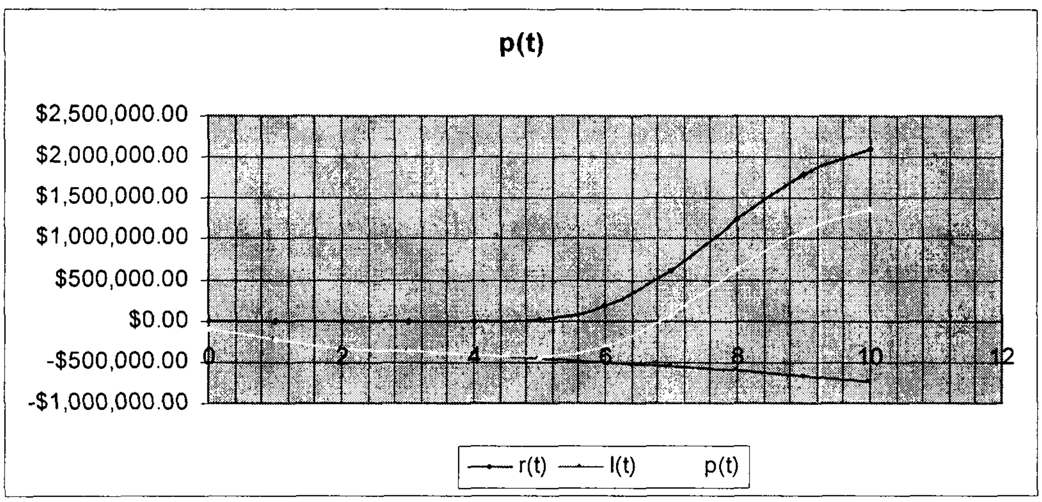


Figura 4.16 Gráfica del punto de recuperación p(t)

Tomando en cuenta lo anterior, podemos observar como el momento de recuperación se encuentra en el punto 6.9, es decir, que la compañía recupera su inversión en poco menos del cuarto año después de haber lanzado el producto al mercado, si lo vemos en el tiempo total del proyecto la recuperación se da hasta aproximadamente el séptimo año.

Obviamente con esta información el empresario puede mover las variables que afectan en el proyecto y que por naturaleza son inciertas para analizar con mayor profundidad y estadísticamente como se mueve el punto de recuperación cuando cambia ciertas variables, de manera que con esto pueda llegar a una conclusión más acertada de cómo desarrollar un plan estratégico que sea lo más satisfactorio para poder tener bases en lanzar el proyecto a la realidad.

Efecto de competencia

Si ahora suponemos que al segundo año después de que la empresa "X" lanzó su producto al mercado, la empresa "Y" lanza un producto sustituto competidor. Los analistas de la empresa "X" creen que con el lanzamiento de este producto sustituto pueden perder alrededor del 30% del mercado que no han cubierto.

Es decir, que ahora el esquema global del proyecto estaría de la siguiente manera:

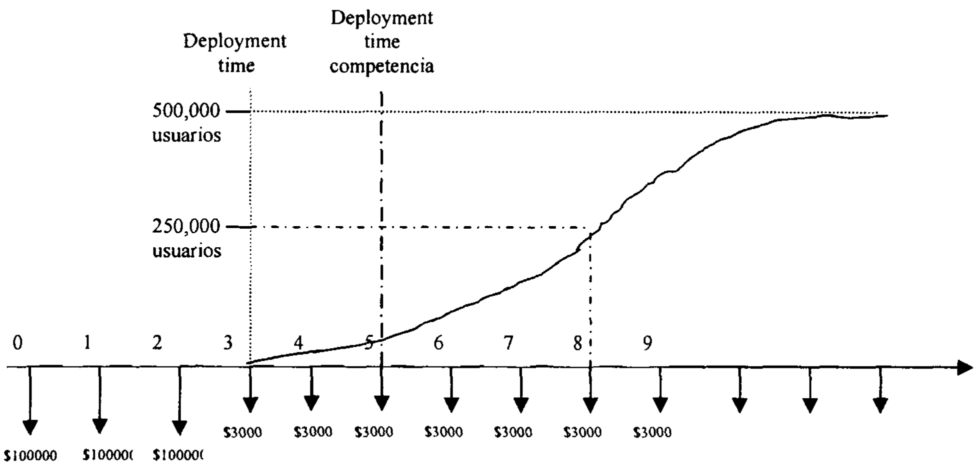


Figura 4.17 Esquema proyectado de la empresa "X" con la presencia de competencia

Tomando en cuenta lo anterior, la función S(t) tiene que cambiar a la siguiente forma:

$$Scc(t) = \frac{A(t) * (\lambda t)^{p}}{1 + (\lambda t)^{p}}$$

Para,

$$A(t) = A * U(-t + \xi) + f * U(t - \xi)$$

$$\begin{cases} A(t) = A, & t \leq \xi \\ A(t) = f, & t \geq \xi \end{cases}$$

Donde según los datos del caso, $A = 500,000$ usuarios porque es el mercado total potencial, $y \quad t(\xi) = 5$ porque es el año del tiempo de vida del proyecto donde tentativamente se puede presentar el lanzamiento del producto competidor, es decir que es al segundo año después de que se lanzo el producto al mercado *(deployment time)*.

Ahora para encontrar la f, tenemos que seguir los siguientes pasos:

$f = y + (z - w)$

y = *Mercado cubierto hasta* $t \leq \xi$.
z = *Mercado faltante para* $t \geq \xi$.
w = *Mercado proyectado a ser cubierto por la competencia.*

Por lo tanto, del análisis hecho anteriormente encontramos que el mercado cubierto hasta $t \leq 5$, (el segundo año después de haber lanzado al mercado su producto la compañía "X"), es de *5068* usuarios.

Esto nos da como resultado que el mercado faltante es de $500000 - 5068 = 494932$ usuarios.

Así mismo, el mercado que se proyecta pueda ser cubierto por la competencia es del 30% del mercado faltante, es decir, $494932*(.30) = 148479.6$.

De manera que:

y = *Mercado cubierto hasta* $t \leq \xi = 5068$ *usuarios*

z = *Mercado faltante para* $t \geq\ = 494932$ *usuarios*

w = *Mercado proyectado a ser cubierto por la competencia* $= 148479.6$ *usuarios.*

$f = y + (z - w) = 5068 + (494932 - 148479.6) = 5068 + 346452.4 = 351520.4.$

Por lo que,

$$Scc(t) = \frac{A(t)*(\lambda t)^p}{1 + (\lambda t)^p} = \frac{A(t)*(0.2t)^5}{1 + (0.2t)^5}$$

Para,

$A(t) = 500000*U(-t+\xi) + 351520.4*U(t-\xi)$

$$\begin{cases} A(t) = 500000, & t \leq \xi \\ A(t) = 351520.4, & t \geq \xi \end{cases}$$

Por lo tanto, la gráfica *Scc(t)* (que se le denomina así porque es la curva que toma en cuenta el efecto competencia) ya después de haberla traslado hasta el tiempo de lanzamiento quedaría como se muestra en la figura 4.17.

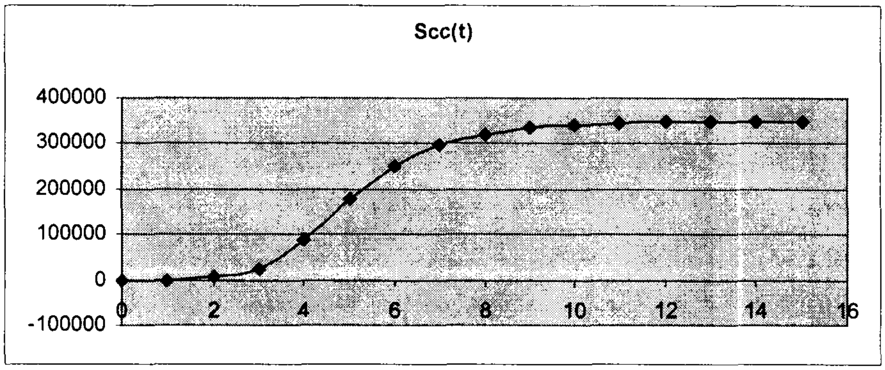


Figura 4.18 Gráfica de la Función Scc(t)

De igual forma que en los pasos anteriores, tenemos que tener una función *r(t)* de ganancias para poder establecer el análisis de recuperación, y si sabemos que el precio del producto es $5 dólares. Por lo tanto,

$r(t) = r * S(t)$ porque es un mercado sobre venta final.

$r(t) = (5) * S(t)$

t	*Scc(t)*	*r(t)*
0	0	$0.00
1	0	$0.00
2	0	$0.00
3	0	$0.00
4	159.94882	$799.74
5	5068.1026	$25,340.51
6	25362.072	$126,810.36
7	86757.505	$433,787.53
8	175760.2	$878,801.00
9	250749.71	$1,253,748.57
10	296407.96	$1,482,039.78

Tabla 4.6 Valores con competencia para Scc(t) y r(t) en cada año

Una vez que ya tenemos la función *r(t)* de la curva *Scc(t)*, falta hacer el análisis de recuperación.

Para esto se define la función de rentabilidad *p(t)*, es decir,

$p(t) = -I(t) + r(t)$

De manera que el análisis de recuperación quedaría de la siguiente forma:

t	*r(t)*	*I(t)*	*p(t)*
0	$0.00	-$100,000.00	-$100,000.00
1	$0.00	-$210,000.00	-$210,000.00
2	$0.00	-$331,000.00	-$331,000.00
3	$0.00	-$367,100.00	-$367,100.00
4	$799.74	-$406,810.00	-$406,010.26
5	$25,340.51	-$450,491.00	-$425,150.49
6	$126,810.36	-$498,540.10	-$371,729.74
7	$433,787.53	-$551,394.11	-$117,606.58
8	$878,801.00	-$609,533.52	$269,267.48
9	$1,253,748.57	-$673,486.87	$580,261.70
10	$1,482,039.78	-$743,835.56	$738,204.22

Tabla 4.7 Valor del punto de recuperación p(t) con competencia

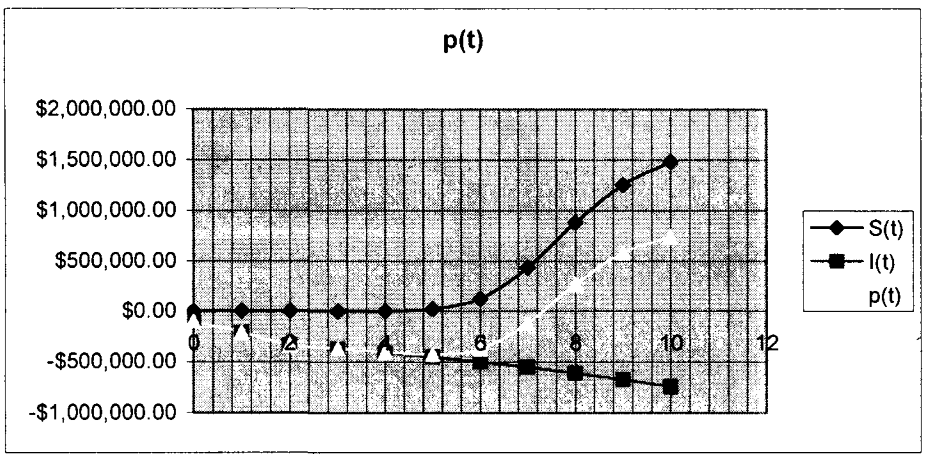


Figura 4.19 Punto de recuperación con competencia

Como podemos observar en la figura 4.18 el momento de recuperación se dio hasta al punto 7.3. En comparación de cuando no se esperaba competencia el instante de recuperación se alargo por cuatro puntos, es decir, que el instante de recuperación con el efecto de competencia se da aproximadamente 5 meses después de como se da si no consideramos competencia. Obviamente esto esta sujeto a los datos preestablecidos por los analistas en donde proyectan que la competencia roba solo alrededor de un 30% del mercado no cubierto.

Capítulo 5

Resultados

Como se menciono en el capítulo anterior, la idea general del modelo es que la empresa pueda manipular las variables de entrada o controlables para poder ver como se mueve el punto de recuperación y así poder tomar decisiones estratégicas. Sin embargo, estas variables por la naturaleza misma de los proyectos de TIC's son inciertas, ya que tanto las inversiones son inciertas (porque la inversión planeada puede cambiar según nuevos aspectos de mercado, competencia, necesidades específicas, casos de catástrofe, etc.) como la llegada o captación de clientes. Debido a esto el modelo debe estar sustentado bajo un análisis estadístico sobre como afecta en el punto de recuperación cuando se cambia aleatoriamente estas variables.

Dado lo anterior y de acuerdo al modelo obtenido en el capítulo 4, en el presente capítulo se analizan estadísticamente los movimientos que sufre el punto de recuperación con respecto a las variaciones aleatorias ejercidas sobre los instantes y montos de inversión así como en la captura y llegada de clientes, de manera que con esto el empresario pueda llegar a una conclusión más acertada de cómo desarrollar un plan estratégico que sea lo más satisfactorio para poder tener bases en lanzar el proyecto a la realidad.

5.1 Variación en los costos de inversión

Para poder llevar a cabo las variaciones aleatorias en los costos de inversión es necesario basarnos en un caso que ejemplifique de manera inicial el punto de recuperación con respecto al uso de variables de inversión y penetración de mercado previamente definidas.

Es por esto, que para poder realizar el análisis requerido utilizaremos como base el caso *(Kemma, 1993)* estudiado en el capítulo anterior, en el cual la empresa "X" tiene el proyecto de lanzar un producto tecnológico para el área de telefonía y en donde teníamos un esquema planificado como se mostró en la figura 4.12.

Como podemos observar en este caso, la empresa tiene proyectado invertir $100,000 dólares anuales durante los primeros dos años y a partir del tercer año sólo se contemplan gastos anuales por operación de $3,000 dólares.

Periodo	*Monto de inversión planeado*
0 - 2	$100,000.00
3 - 20	$3,000

Tabla 5.1 Inversión planeada del proyecto

Ahora, del capítulo anterior también podemos observar que una vez que se aplico el modelo a este caso el resultado fue que el momento de recuperación se encuentra en el punto 6.9, es decir, que la compañía recupera su inversión en poco menos del cuarto año después de haber lanzado el producto al mercado, si lo vemos en el tiempo total del proyecto la recuperación se da hasta aproximadamente el séptimo año.

Obviamente con esta información, la idea es que el empresario pueda mover las variables que afectan en el proyecto y que por naturaleza son inciertas para analizar con mayor profundidad y estadísticamente como se mueve el punto de recuperación.

Dado lo anterior y con la idea de representar la incertidumbre en los costos de inversión, en la tabla 5.2 establecemos diferentes rangos de aleatoriedad para las inversiones del proyecto, tanto para la inversión inicial como para la inversión por gastos de operación, de esta manera se generan datos estadísticos y los histogramas correspondientes de cómo afecta en el punto de recuperación estos cambios. Los cambios aleatorios establecidos por los rangos antes mencionados siguen una distribución uniforme.

Cabe mencionar que lo que se varía únicamente es la inversión, por lo que las demás variables consideradas como la penetración de mercado, el precio, la tasa de interés y el año de lanzamiento quedan de la misma forma de cómo se estipula originalmente en el caso.

	Rango establecido Periodo 0-2	*Rango establecido* Periodo 3-20
Rango 1	$85,000 - $125,000	$2,850 - $3,300
Rango 2	$85,000 - $150,000	$2,850 - $3,300
Rango 3	$85,000 - $200,000	$2,850 - $3,300
Rango 4	$85,000 - $125,000	$3,000
Rango 5	$85,000 - $150,000	$3,000
Rango 6	$85,000 - $200,000	$3,000
Rango 7	$100,000	$2,000 - $5,000

Tabla 5.2 Rangos de aleatoriedad para los costos de inversión

Los rangos de aleatoriedad fueron seleccionados de esa manera porque la idea es variar la inversión gradualmente, por ejemplo en los rangos del 1 al 3 la finalidad es que vayan aumentando los límites de aleatoriedad en la inversión inicial, primero de $85,000 hasta $125,000, después a $150,000 y por ultimo a $200,000, mientras el rango de aleatoriedad en los gastos de operación permanece entre $2,850 al $3,300. En los rangos del 4 al 6 la idea es variar los límites de aleatoriedad de la inversión inicial de la misma forma de cómo variaron en los rangos del 1 al 3, pero ahora con los gatos de operación fijos en $3,000 como lo marca originalmente el proyecto, la idea es observar que tanto afectan los gastos de operación en el análisis del punto de recuperación. Por último, en el rango 7 la inversión inicial se deja fija en $100,000, pero los gastos de operación varían entre $2,000 a $5,000, de manera que podamos observar en que tanto afecta en el punto de recuperación cuando no variamos la inversión inicial.

Resultados para el Rango 1

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	$100,000	85,000 - 125,000	105,000	11,547	133,333,209
3 – 20	$3,000	2,850 - 3,300	3,075	129.9	16874.01

Tabla 5.3 Datos de entrada del rango 1

Por lo tanto, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo como se muestra en la figura 5.1.

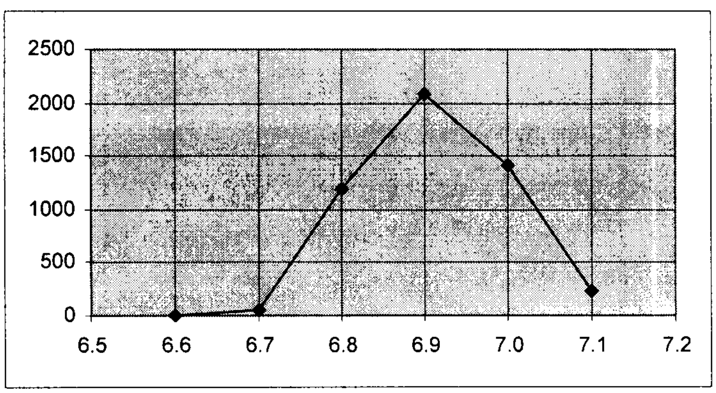


Figura 5.1 Gráfica del histograma 1

Ahora al pasar el histograma anterior a términos de probabilidad, obtenemos la función de densidad de probabilidad (pdf) representada por la siguiente formula y por la figura 5.2.

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

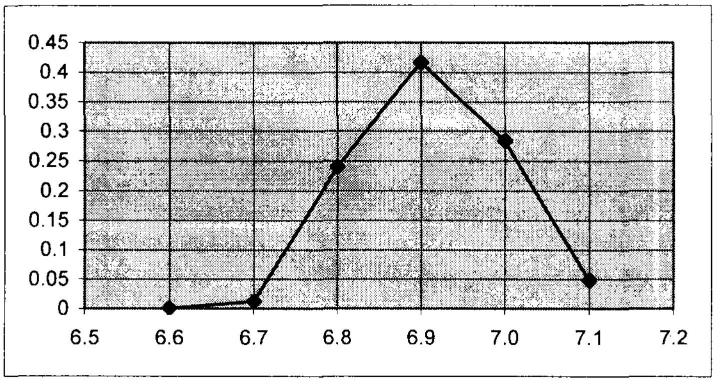


Figura 5.2 Función de densidad de probabilidad histograma 1

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$p(6.6) = 0.0004$
$p(6.7) = 0.012$
$p(6.8) = 0.2396$
$p(6.9) = 0.4162$
$p(7.0) = 0.2838$
$p(7.1) = 0.048$

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos en el análisis anterior son:

Moda $= \xi = 6.9$
Valor medio $= \mu = 6.911$
Desviación estándar $= \sigma = 0.086$
Varianza $= \sigma^2 = 7.5x10^{-3}$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

Por lo tanto,

$F(6.6) = P(6.6) = 0.0004$
$F(6.7) = P(6.6)+P(6.7) = 0.0124$
$F(6.8) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8) = 0.2520$
$F(6.9) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9) = 0.6682$ → ***cdf de la moda***
$F(7.0) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) = 0.9520$
$F(7.1) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1) = 1.0000$

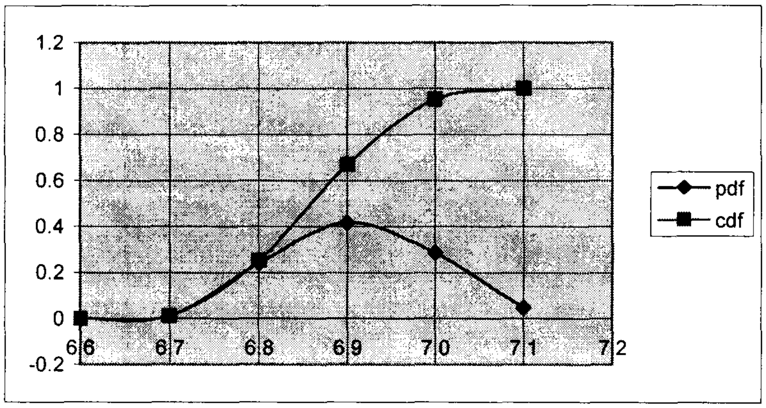


Figura 5.3 Gráfica CDF y PDF del rango 1

Resultados para el Rango 2

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	$100,000	85,000 - 150,000	117,500	18,759	351,900,081
3 – 20	$3,000	2,850 - 3,300	3,075	129.9	16874.01

Tabla 5.4 Datos de entrada del rango 2

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

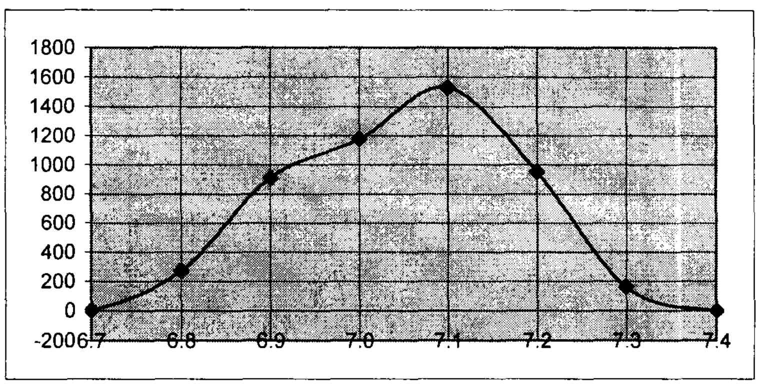


Figura 5.4 Gráfica del histograma 2

Al pasar este histograma a términos de probabilidad obtenemos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

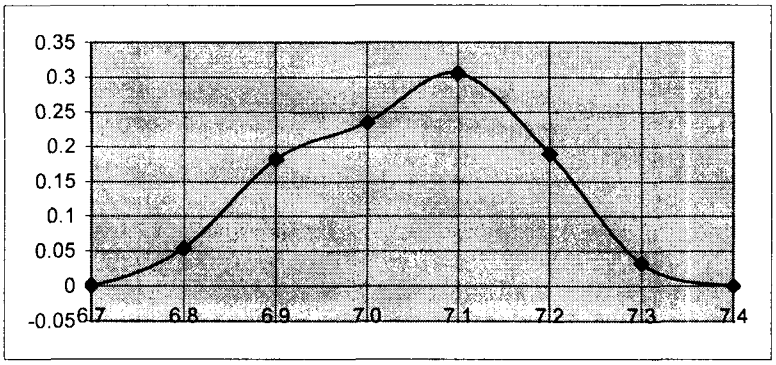


Figura 5.5 Función de densidad de probabilidad histograma 2

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$P(6.7) = 0.0008$
$P(6.8) = 0.0542$
$P(6.9) = 0.182$
$P(7.0) = 0.235$
$P(7.1) = 0.3058$
$P(7.2) = 0.19$
$P(7.3) = 0.032$
$P(7.4) = 0.0002$

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos son:

Moda $= \xi = 7.1$
Valor medio $= \mu = 7.048$
Desviación estándar $= \sigma = 0.169$
Varianza $= \sigma^2 = 0.028$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

Por lo tanto,

$F(6.7) = P(6.7) = 0.0008$
$F(6.8) = P(6.7)+P(6.8) = 0.0550$
$F(6.9) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9) = 0.2370$
$F(7.0) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) = 0.4720$
$F(7.1) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1) = 0.7778 \rightarrow$ **cdf de la moda**
$F(7.2) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2) = 0.9678$

$F(7.3) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3) = 0.9998$
$F(7.4) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4) = 1.0000$

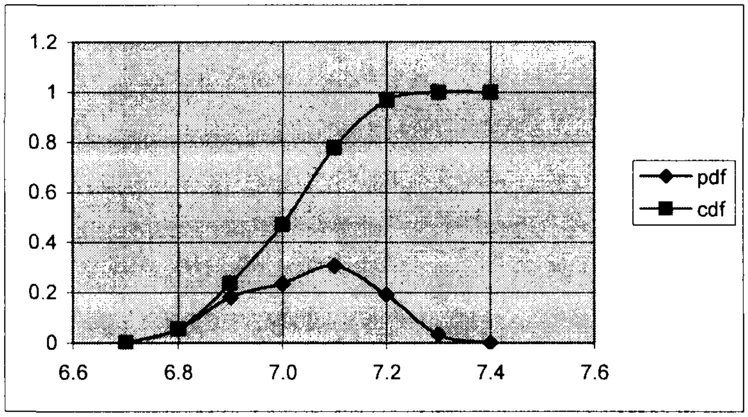


Figura 5.6 Gráfica CDF y PDF del rango 2

Resultados para el Rango 3

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	\$100,000	85,000 - 200,000	142,500	33,189	1,101,509,721
3 – 20	\$3,000	2,850 - 3,300	3,075	129.9	16874.01

Tabla 5.5 Datos de entrada del rango 3

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

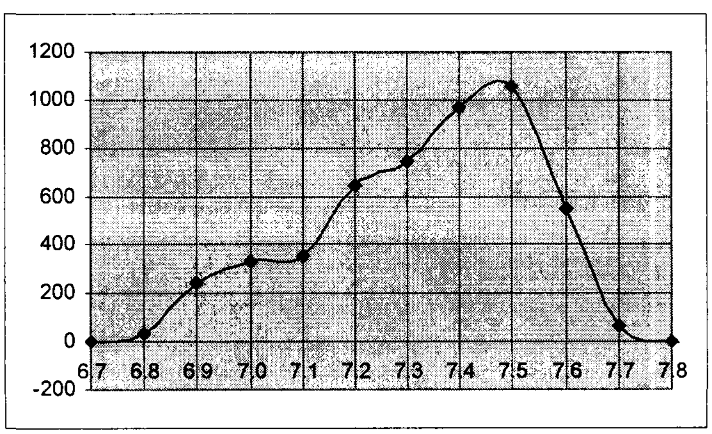


Figura 5.7 Gráfica del histograma 3

Al pasar este histograma a términos de probabilidad obtenemos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

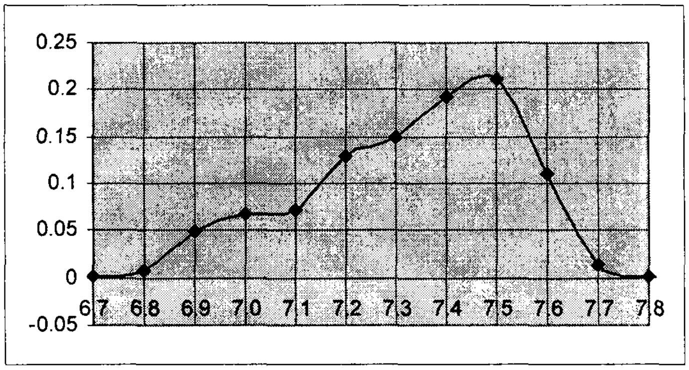


Figura 5.8 Función de densidad de probabilidad histograma 3

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

P(6.7) = 0.006
P(6.8) = 0.0072
P(6.9) = 0.0486
P(7.0) = 0.0664
P(7.1) = 0.071
P(7.2) = 0.1292
P(7.3) = 0.1486
P(7.4) = 0.193
P(7.5) = 0.2114
P(7.6) = 0.1094
P(7.7) = 0.0136
P(7.8) = 0.001

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos son:

Moda = $\xi = 7.5$
Valor medio = $\mu = 7.329$
Desviación estándar = $\sigma = 0.203$
Varianza = $\sigma^2 = 0.041$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

Por lo tanto,

F(6.7) = P(6.7) = 0.0006
F(6.8) = P(6.7)+P(6.8) = 0.0078
F(6.9) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9) = 0.0564
F(7.0) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) = 0.1228
F(7.1) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1) = 0.1938
F(7.2) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2) = 0.3230
F(7.3) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3) = 0.4716
F(7.4) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4) = 0.6646
F(7.5) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4)+P(7.5) = 0.876 → ***cdf de la moda***
F(7.6) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4)+P(7.5)+P(7.6) =0.9854
F(7.7) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4)+P(7.5)+P(7.6)+P(7.7) =0.9990
F(7.8) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4)+P(7.5)+P(7.6)+P(7.7)+P(7.8)
F(7.8) = 1.0000

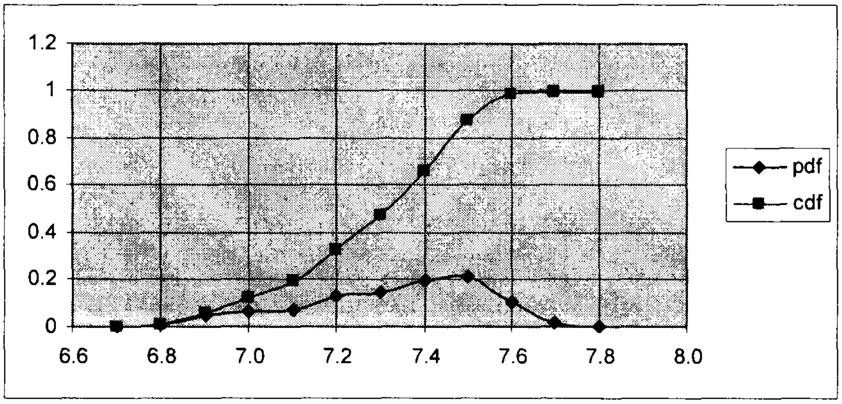


Figura 5.9 Gráfica CDF y PDF del rango 3

Resultados para el Rango 4

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	$100,000	85,000 - 125,000	105,000	11,547	133,333,209
3 – 20	$3,000	3,000	-	-	-

Tabla 5.6 Datos de entrada del rango 4

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

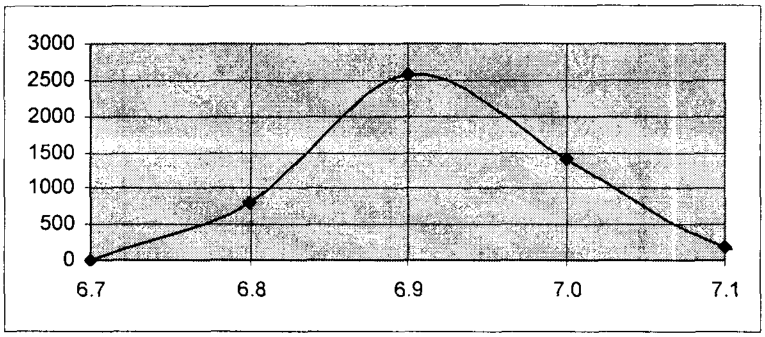


Figura 5.10 Gráfica del histograma 4

Al pasar este histograma a términos de probabilidad obtenemos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

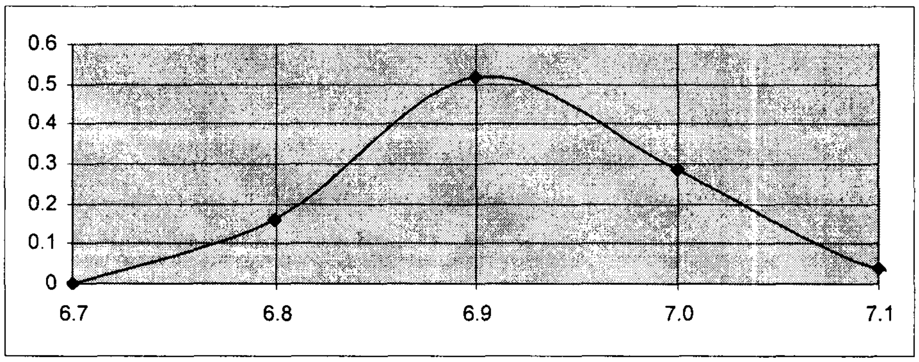


Figura 5.11 Función de densidad de probabilidad histograma 4

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$P(6.7) = 0.001$
$P(6.8) = 0.1602$
$P(6.9) = 0.5168$
$P(7.0) = 0.2834$
$P(7.1) = 0.0386$

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos son:

Moda $= \xi = 6.9$
Valor medio $= \mu = 6.919$
Desviación estándar $= \sigma = 0.078$
Varianza $= \sigma^2 = 6.16x10^{-3}$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-a}^{x} p(x)dx$$

Por lo tanto,

F(6.7) = P(6.7) = 0.0010
F(6.8) = P(6.7)+P(6.8) = 0.1612
F(6.9) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9) = 0.6780 → ***cdf de la moda***
F(7.0) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) = 0.9614
F(7.1) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1) = 1.0000

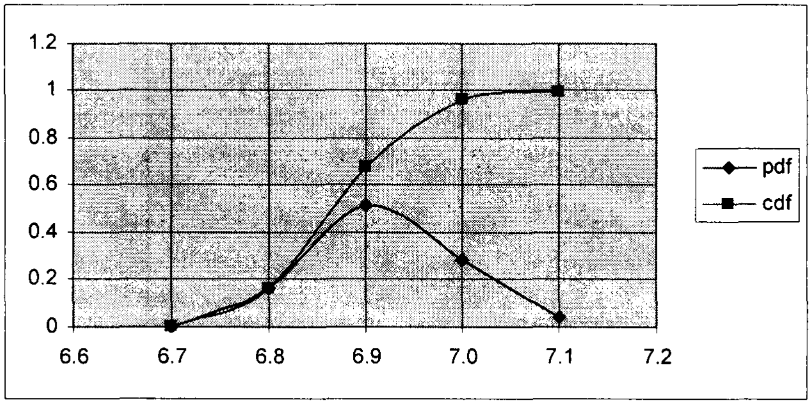


Figura 5.12 Gráfica CDF y PDF del rango 4

Resultados para el Rango 5

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	$100,000	85,000 - 150,000	117,500	18,759	351,900,081
3 – 20	$3,000	3,000	-	-	-

Tabla 5.7 Datos de entrada del rango 5

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

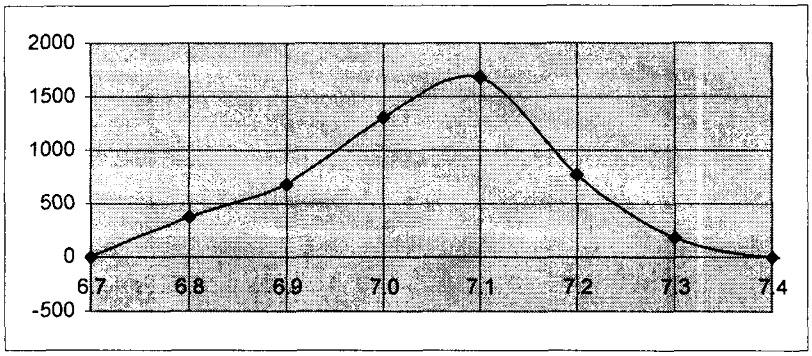


Figura 5.13 Gráfica del histograma 5

Al pasar este histograma a términos de probabilidad obtenemos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

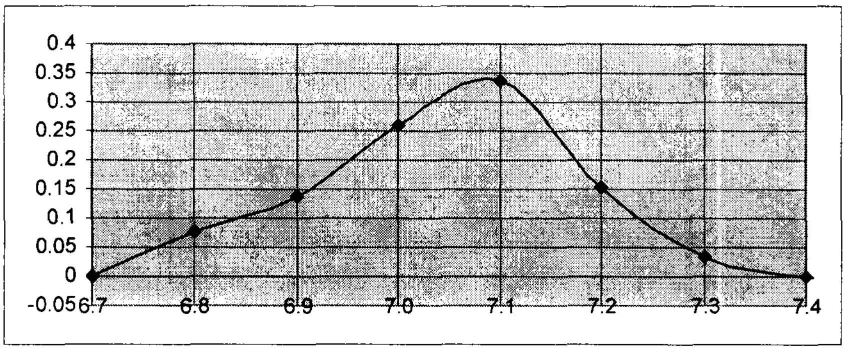


Figura 5.14 Función de densidad de probabilidad histograma 5

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

P(6.7) = 0.001
P(6.8) = 0.0758
P(6.9) = 0.1372
P(7.0) = 0.2608
P(7.1) = 0.337
P(7.2) = 0.153
P(/.3) = 0.0348
P(7.4) = 0.0004

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos son:

Moda = ξ = *7.1*
Valor medio = μ =*7.045*
Desviación estándar = σ = *0.1588*
Varianza = σ^2 = *0.0252*

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

Por lo tanto,

$F(6.7) = P(6.7)$ = 0.0010
$F(6.8) = P(6.7)+P(6.8)$ = 0.0768
$F(6.9) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)$ = 0.2140
$F(7.0) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)$ = 0.4748
$F(7.1) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)$ = 0.8118 → ***cdf de la moda***
$F(7.2) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)$ = 0.9648
$F(7.3) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)$ = 0.9996
$F(7.4) = P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4)$ = 1.0000

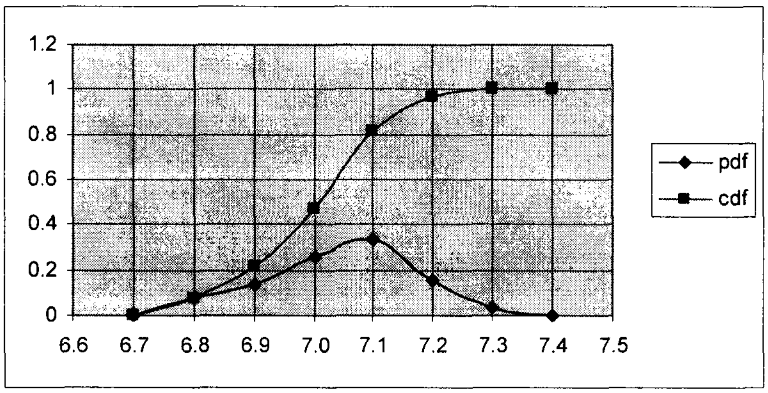


Figura 5.15 Gráfica PDF y CD del rango 5

Resultados para el Rango 6

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	$100,000	85,000 - 200,000	142,500	33,189	1,101,509,721
3 – 20	$3,000	3,000	-	-	-

Tabla 5.8 Datos de entrada del rango 6

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

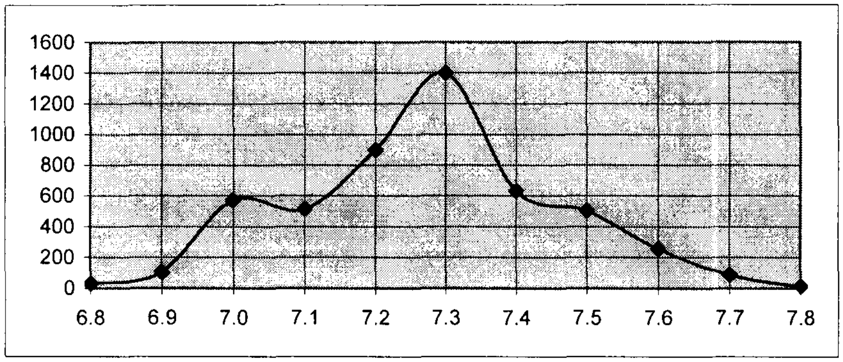


Figura 5.16 Gráfica del histograma 6

Al pasar este histograma a términos de probabilidad obtenemos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

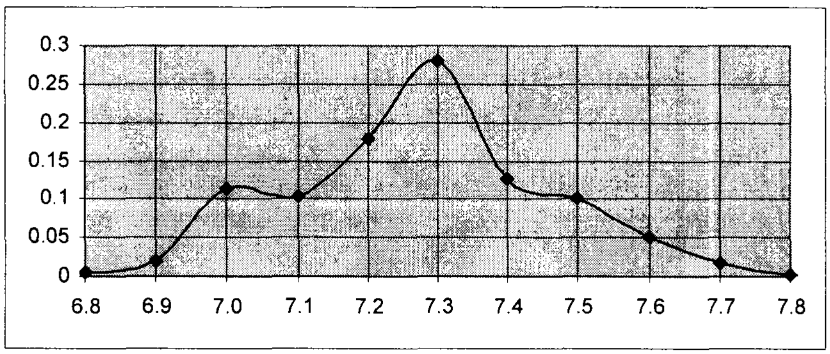


Figura 5.17 Función de densidad de probabilidad histograma 6

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$P(6.8) = 0.0058$
$P(6.9) = 0.021$
$P(7.0) = 0.1142$
$P(7.1) = 0.1024$
$P(7.2) = 0.1796$
$P(7.3) = 0.2794$
$P(7.4) = 0.126$
$P(7.5) = 0.1002$
$P(7.6) = 0.0512$
$P(7.7) = 0.0176$
$P(7.8) = 0.0026$

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos son:

$Moda = \xi = 7.3$

Valor medio = μ = 7.285
Desviación estándar = σ = 0.198
Varianza = σ^2 = 0.039

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

F(6.8) = P(6.8) = 0.0058
F(6.9) = P(6.8)+P(6.9) = 0.0268
F(7.0) = P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) = 0.1410
F(7.1) = P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1) = 0.2434
F(7.2) = P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2) = 0.4230
F(7.3) = P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3) = 0.7024 → ***cdf de la moda***
F(7.8) = P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2)+P(7.3)+P(7.4)+P(7.5)+P(7.6)+P(7.7)+P(7.8) = 1.0000

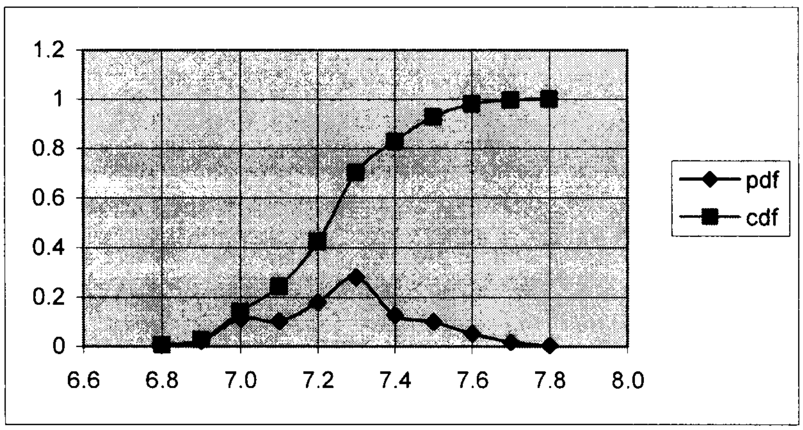


Figura 5.18 Gráfica PDF y CDF del rango 6

Resultados para el Rango 7

Datos de entrada:

Periodo	*Monto de Inversión Planeado*	*Rango de inversión Establecido*	*Valor medio*	*Desviación estándar*	*Varianza*
0 - 2	$100,000	$100,000	-	-	-
3 – 20	$3,000	$2,000 - $5,000	3,500	865.8	749,609.64

Tabla 5.9 Datos de entrada del rango 7

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

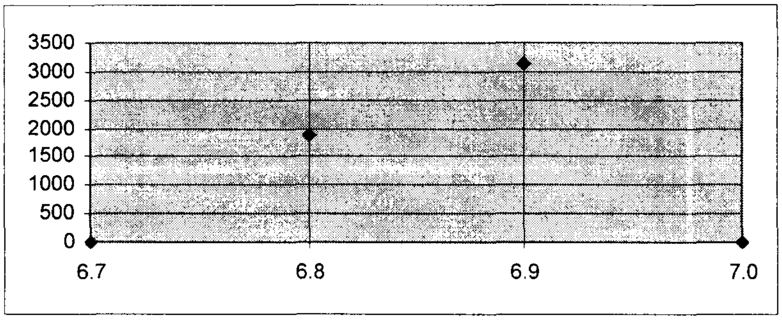


Figura 5.19 Gráfica del histograma 7

Al pasar este histograma a términos de probabilidad obtenemos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

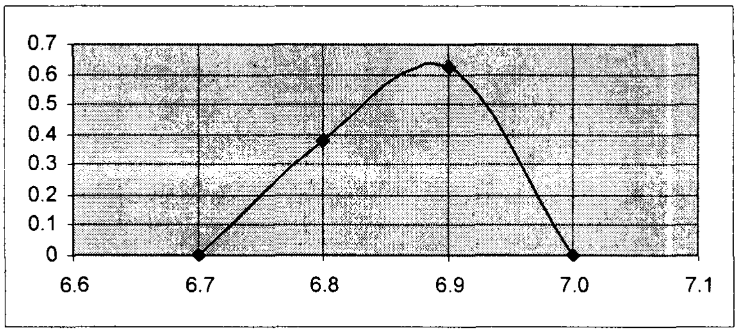


Figura 5.20 Función de densidad de probabilidad histograma 7

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$P(6.8) = 0.3774$
$P(6.9) = 0.6226$

Los resultados estadísticos de los datos de salida obtenidos son:

Moda $= \xi = 6.9$
Valor medio $= \mu = 8.862$
Desviación estándar $= \sigma = 0.055$
Varianza $= \sigma^2 = 3.1x10\text{-}4$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

F(6.8) = P(6.8) = 0.3774

F(6.9) = P(6.8)+P(6.9) = 1.0000

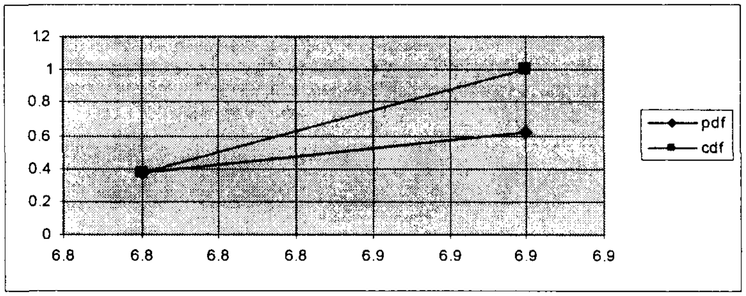


Figura 5.21 Gráfica PDF y CDF del rango 7

Comparación de resultados

En la tabla 5.10 se presentan los resultados estadísticos obtenidos para cada rango establecido en el análisis anterior. Los resultados están divididos para los datos de entrada (establecido por los límites de aleatoriedad de los montos de inversión tanto para la inversión inicial como para los gastos de operación) y para los datos de salida (establecido por los movimientos registrados en el punto de recuperación).

	Rango establecido Periodo 0-2	*Rango establecido* Periodo 3-20	*Datos de entrada*	*Datos de salida*
Rango 1	\$85,000 - \$125,000	\$2,850 - \$3,300	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})} = 133{,}333{,}209$ $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})} = 16{,}874.01$	$\xi = 6.9$ $\mu = 6.911$ $\sigma^2 = 7.5\text{x}10^{-3}$
Rango 2	\$85,000 - \$150,000	\$2,850 - \$3,300	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})} = 351{,}900{,}081$ $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})} = 16{,}874.01$	$\xi = 7.1$ $\mu = 7.048$ $\sigma^2 = 0.0289$
Rango 3	\$85,000 - \$200,000	\$2,850 - \$3,300	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})} = 1{,}101{,}509{,}721$ $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})} = 16{,}874.01$	$\xi = 7.5$ $\mu = 7.329$ $\sigma^2 = 0.0415$
Rango 4	\$85,000 - \$125,000	\$3,000	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})} = 133{,}333{,}209$ $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})}$ = -----	$\xi = 6.9$ $\mu = 6.919$ $\sigma^2 = 6.1\text{x}10^{-3}$
Rango 5	\$85,000 - \$150,000	\$3,000	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})} = 351{,}900{,}081$ $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})}$ = ---	$\xi = 7.1$ $\mu = 7.045$ $\sigma^2 = 0.0252$
Rango 6	\$85,000 - \$200,000	\$3,000	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})} = 1{,}101{,}509{,}721$ $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})}$ = ---	$\xi = 7.3$ $\mu = 7.285$ $\sigma^2 = 0.0393$
Rango 7	\$100,000	\$2,000 - \$5,000	$\sigma^2_{(\text{Periodo 0-2})}$ = --- $\sigma^2_{(\text{Periodo 3-20})} = 333{,}160$	$\xi = 6.9$ $\mu = 6.862$ $\sigma^2 = 3.1\text{x}10^{-3}$

Tabla 5.10 Resultados estadísticos de cada rango

Como se puede observar en la tabla 5.10, mientras más se amplía el rango de aleatoriedad mayor es el resultado de la varianza, del valor medio y de la moda, como lo muestran los resultados de los rangos del 1 al 3. En las gráficas de la figuras 5.22 y 5.23 se muestra la función de densidad de probabilidad (pdf) y la función de distribución acumulativa (cdf) de los rangos del 1 al 3 respectivamente.

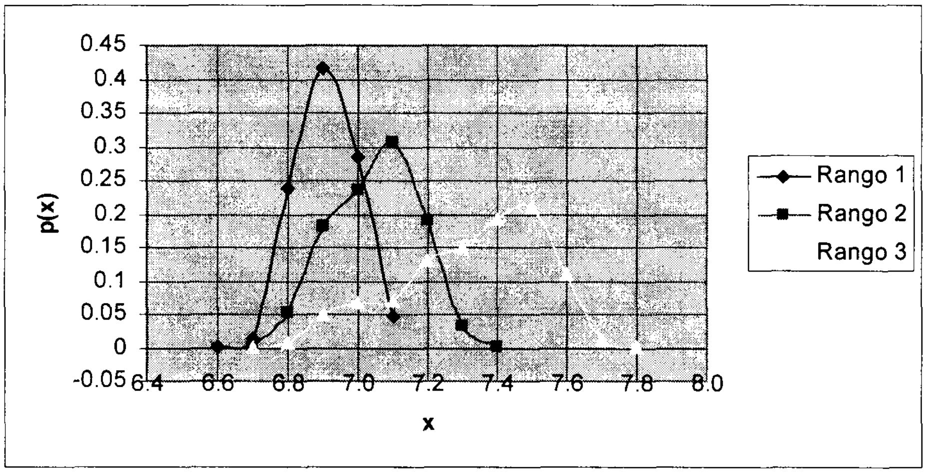


Figura 5.22 Función de densidad de probabilidad de los rangos 1,2 y 3

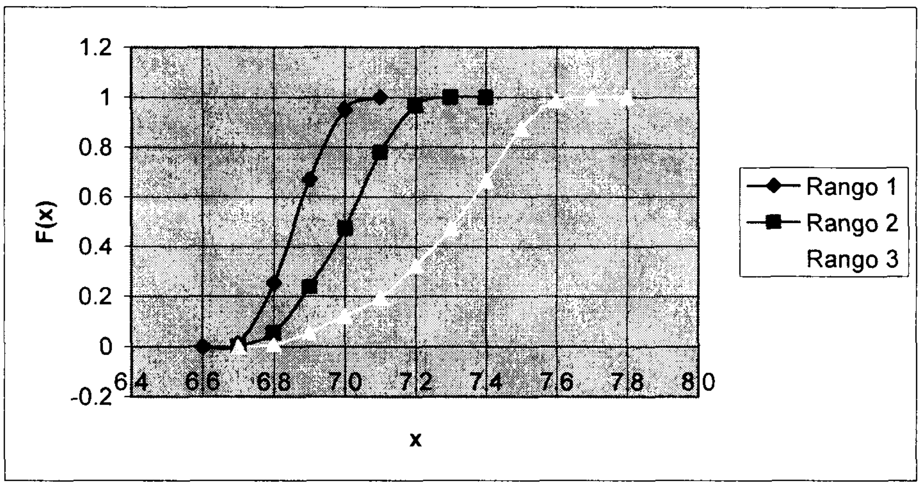


Figura 5.23 Función de distribución acumulativa de los rangos 1,2 y 3

Dentro de cada uno de estos rangos hay dos periodos representados por la inversión inicial (periodo del 0-2) y por los gastos de operación (periodo 3-20), es por esto que la idea de los rangos del 4 al 6 fue en dejar fijo los gastos de operación y mover aleatoriamente la inversión con los mismos limites que en los rangos del 1 al 3. Los resultados de esta acción arrojaron similitudes entre los valores de los datos de salida de los rangos del 4 al 6 con los valores de los rangos del 1 al 3, es decir, que en el rango 1 y en el rango 4 donde la única diferencia esta en los gastos de operación, la varianza, el valor medio y la moda tienen valores similares, lo mismo sucede con el rango 2 y 5, y con el rango 3 y 6.

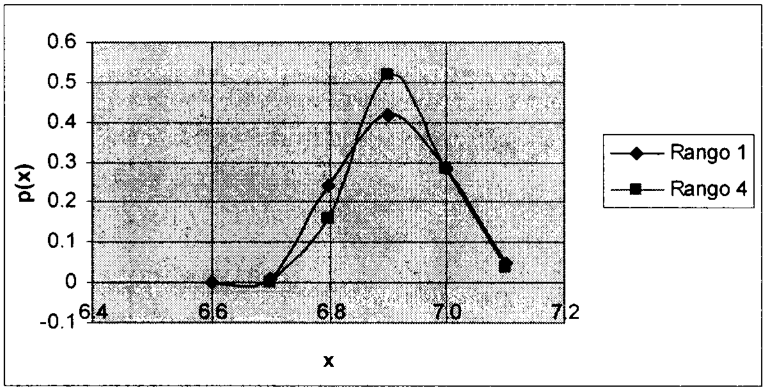


Figura 5.24 Función de densidad de probabilidad de los rangos 1 y 4

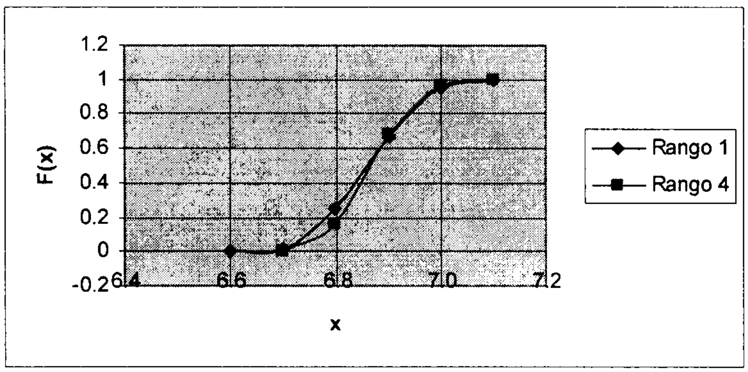


Figura 5.25 Función de distribución acumulativa de los rangos 1 y 4

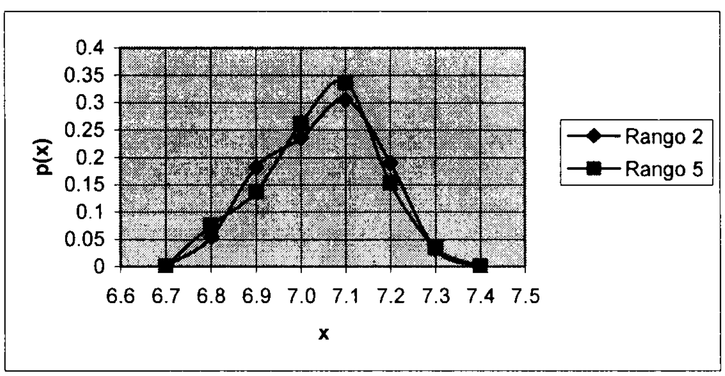


Figura 5.26 Función de densidad de probabilidad de los rangos 2 y 5

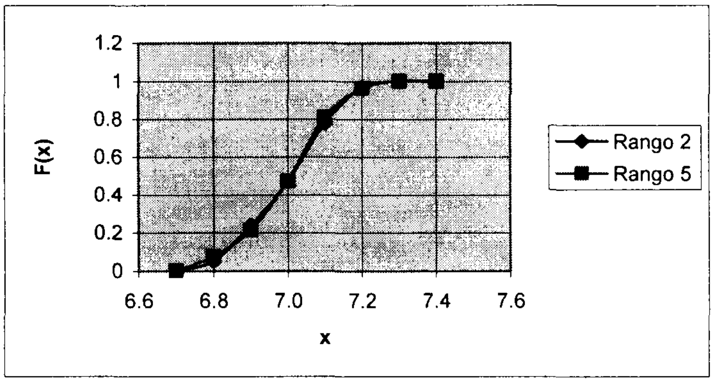


Figura 5.27 Función de distribución acumulativa de los rangos 2 y 5

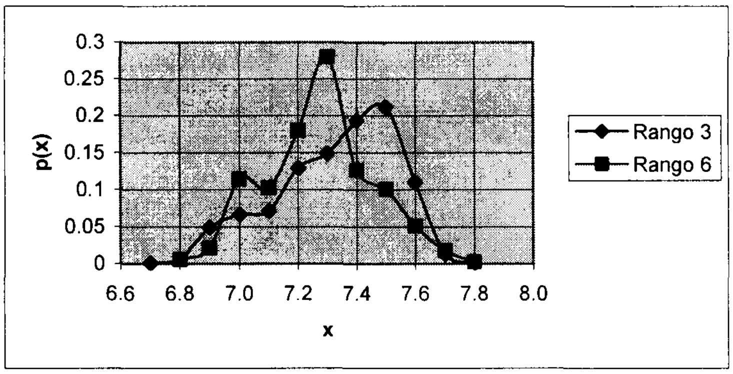


Figura 5.28 Función de densidad de probabilidad de los rangos 3 y 6

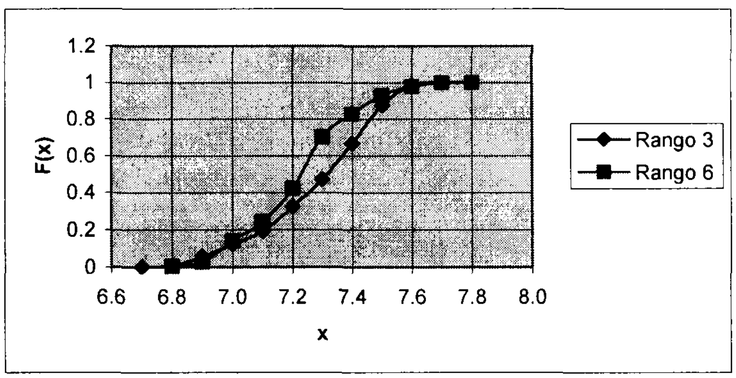


Figura 5.29 Función de distribución acumulativa de los rangos 3 y 6

Todo lo anterior, lleva a la conclusión de que bajo las condiciones establecidas originalmente en el caso, los gastos de operación casi no afectan en el movimiento del punto de recuperación, la variable de trascendencia esta en la aleatoriedad impuesta sobre la inversión inicial. Esto se confirma con el rango 7 donde básicamente la idea fue dejar fija la inversión inicial en $100,000 como originalmente lo propone el proyecto, y mover aleatoriamente los gastos de operación entre $2,000 y $5,000 que es prácticamente -35% y +65% de los $3,000 pensados originalmente. El resultado confirmo el hecho de que la aleatoriedad en los gastos de operación es prácticamente insignificante en el análisis del punto de recuperación según las variable originalmente contempladas, obviamente si los gastos de operación son mayores o se establece otro rango de aleatoriedad mucha más grande este resultado es diferente, de ahí la importancia de realizar este estudio estadístico para cada proyecto a ser evaluado.

5.2 Variación en la captura de clientes

Para representar como se da la penetración de usuarios cuando se lanza un servicio o producto tecnológico al mercado, nosotros usamos en el análisis de nuestro modelo una función denominada curva logística o curva "s".

$$S(t) = \frac{A * (at)^p}{1 + (at)^p}$$

Esta función logística cuenta con parámetros que le dan forma dependiendo las proyecciones que hagan los analistas de cada empresa. Por ejemplo, si la compañía prevé tener en 2 años "x" porcentaje de mercado cubierto, en 4 años "x" porcentaje de mercado cubierto, y de esta forma construir una proyección estimada de penetración de mercado determinado por los estudios previos de la compañía.

Sin embargo, es claro que estas proyecciones son inciertas por el propio hecho de ser proyecciones del futuro y por ende están sujetas a cambios dependiendo de diversos factores o aspectos futuros de mercado.

Por ello es necesario que en nuestro análisis incluyamos esta incertidumbre, y generemos datos estadísticos (de la misma forma que se hizo con las inversiones) de cómo afecta en el punto de recuperación de nuestro modelo cuando la captura de clientes cambia aleatoriamente.

Para esto, nosotros a partir de la función logística *S(t)* obtenemos su respectiva función hazard *h(t)*, la cual nos indica la tasa de captura de clientes, que como se ve en la gráfica de la figura 5.30 empieza con una captura pequeña que va siendo más grande con el tiempo hasta llegar a un punto donde la captura vuelve a bajar porque nuestra penetración de mercado se estabiliza.

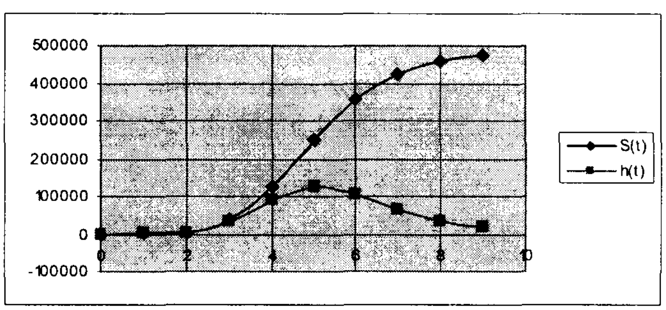


Figura 5.30 Gráfica S(t) y h(t)

Donde la ecuación que representa esta función hazard es:

$$h(t) = \frac{Aap^{*}\,(at)^{p-1}}{1 + (at)^{p}}$$

Ahora, si nos basamos en el caso utilizado anteriormente de la empresa "X" donde las proyecciones marcaban que la penetración de mercado tendría las siguientes características (Ver la figura 4.12):

- Mercado potencial de usuarios de aproximadamente 500,000 usuarios.
- En el quinto año después de lanzar la tecnología se espera ya tener cubierto la mitad del mercado.

Dado lo anterior, se obtuvo una función logística tentativa que cumpliera con estos requisitos y su respectiva función hazard:

$$S(t) = \frac{A^{*}\,(at)^{p}}{1 + (at)^{p}}$$

$$h(t) = \frac{Aap^{*}\,(at)^{p-1}}{1 + (at)^{p}}$$

Donde: $A = 500{,}000$
$\alpha = 0.2$
$p = 5$

Tomando en cuenta la función hazard, podemos asumir que la secuencia de llegadas de clientes se da como una secuencia aleatoria de eventos de poisson como se muestra en la figura 5.31. Donde la ocurrencia de cada evento representa la llegada de un cliente o usuario.

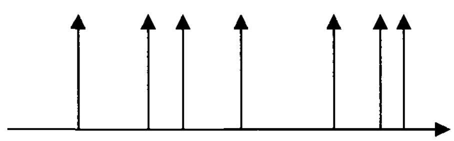


Figura 5.31 Eventos de poisson

Por lo tanto, una forma de generar la aleatoriedad en la función de penetración de mercado *S(t)* es discretizando la respectiva función hazard *h(t)* en periodos mensuales, trimestrales, semestrales o anuales según lo marque la conveniencia del proyecto, y establecer rangos de aleatoriedad para cada periodo de la función hazard representando con esto cambios aleatorios en la tasa de captura de clientes.

Por ejemplo, para el caso que venimos usando tenemos una función hazard como lo muestra la gráfica de la figura 5.32, en donde para cada periodo establecemos un rango de aleatoriedad representado por la tabla 5.11.

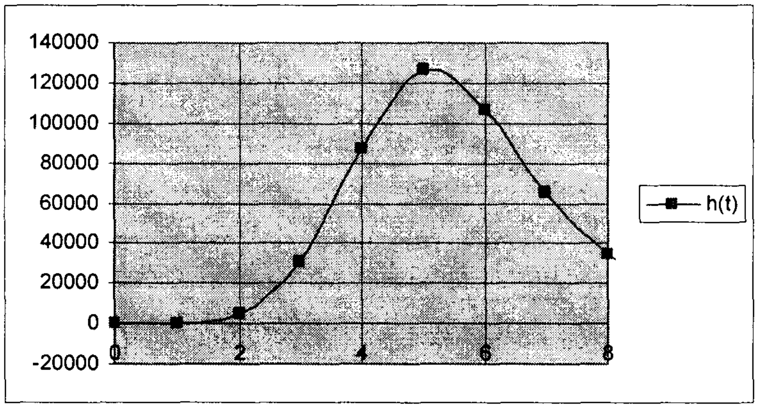


Figura 5.32 Gráfica función hazard del proyecto empresa "X"

	Rango establecido para la h(t)
Rango 1	-100% → +100%
Rango 2	-75% → +75%
Rango 3	-50% → +50%
Rango 4	-25% → +25%

Tabla 5.11 Rangos de aleatoriedad para la captura de clientes

La idea es variar porcentualmente la captura de clientes para cada periodo de la función hazard de manera que se pueda identificar como afecta esta acción en el movimiento del punto de recuperación.

Resultados para el Rango 1

Periodo	*h(t) proyectado originalmente*	*Rango de aleatoriedad establecido para la h(t)*
1	160	-100% → +100%
2	4908	-100% → +100%
3	31007	-100% → +100%
4	87328	-100% → +100%
5	126597	-100% → +100%
6	106665	-100% → +100%
7	64944	-100% → +100%
8	34859	-100% → +100%
9	18401	-100% → +100%
10	9980	-100% → +100%

Tabla 5.12 Rango por periodo para el rango 1

Por lo tanto, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

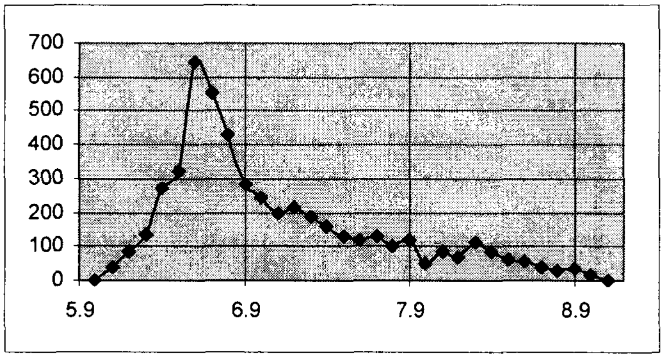


Figura 5.33 Gráfica del Histograma 8

Ahora al pasar el histograma anterior a términos de probabilidad, obtenemos la función de densidad de probabilidad (pdf) representada por la siguiente formula y por la figura 5.34.

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

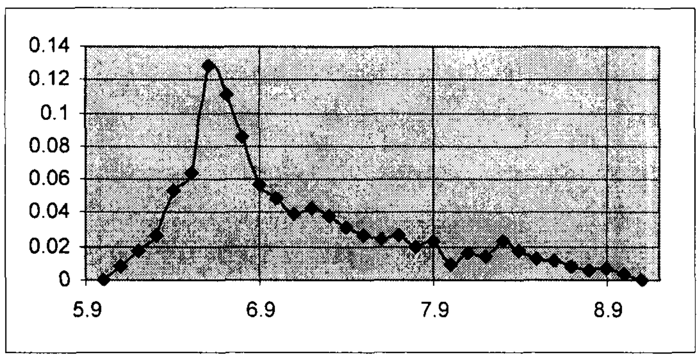


Figura 5.34 Función de densidad de probabilidad Histograma 8

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

P(6.1) = 0.0084
P(6.2) = 0.0174
P(6.3) = 0.027
P(6.4) = 0.0538
P(6.5) = 0.0642
P(6.6) = 0.1282
P(6.7) = 0.1106
P(6.8) = 0.0856
P(6.9) = 0.0562
P(7.0) = 0.0484
P(7.1) = 0.0392

P(7.2) = 0.0432
P(7.3) = 0.0378
P(7.4) = 0.0314
P(7.5) = 0.0264
P(7.6) = 0.024
P(7.7) = 0.0264
P(7.8) = 0.02
P(7.9) = 0.0234
P(8.0) = 0.0098
P(8.1) = 0.0164
P(8.2) = 0.0134
P(8.3) = 0.0228
P(8.4) = 0.0174
P(8.5) = 0.0124
P(8.6) = 0.0116
P(8.7) = 0.0084
P(8.8) = 0.006
P(8.9) = 0.0064
P(9.0) = 0.0038

Los resultados estadísticos obtenidos son:

Moda = $\xi = 6.6$
Valor medio = $\mu = 7.0876$
Desviación estándar = $\sigma = 0.6520$
Varianza = $\sigma^2 = 0.4250$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

F(6.1) =P(6.1) = 0.0084
F(6.2) =P(6.1)+P(6.2) = 0.0258
F(6.3) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3) = 0.0528
F(6.4) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+P(6.4)= 0.1066
F(6.5) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+P(6.4)+P(6.5)= 0.1708
F(6.6) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+P(6.4)+P(6.5)+P(6.6)= 0.2990 → ***cdf de la moda***
F(6.7) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+P(6.4)+P(6.5)+P(6.6)+P(6.7)= 0.4096
F(6.8) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+P(6.4)+P(6.5)+P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)= 0.4952
F(6.9) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+P(6.4)+P(6.5)+P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)= 0.5514
.
.
F(9.0) =P(6.1)+P(6.2)+P(6.3)+ ... ... +P(8.8)+P(8.9)+P(9.0)= 1.0000

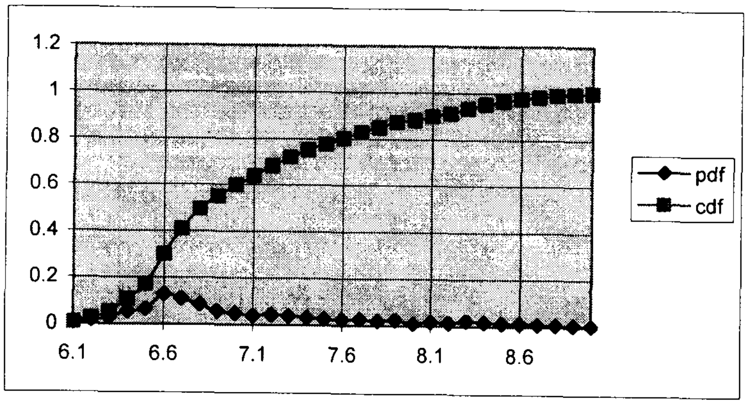


Figura 5.35 Gráfica PDF y CDF del rango 1

Resultados para el Rango 2

Periodo	*h(t) proyectado originalmente*	*Rango de aleatoriedad establecido para la h(t)*
1	160	-50% → +50%
2	4908	-50% → +50%
3	31007	-50% → +50%
4	87328	-50% → +50%
5	126597	-50% → +50%
6	106665	-50% → +50%
7	64944	-50% → +50%
8	34859	-50% → +50%
9	18401	-50% → +50%
10	9980	-50% → +50%

Tabla 5.13 Rango por periodo para el rango 2

Por lo tanto, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

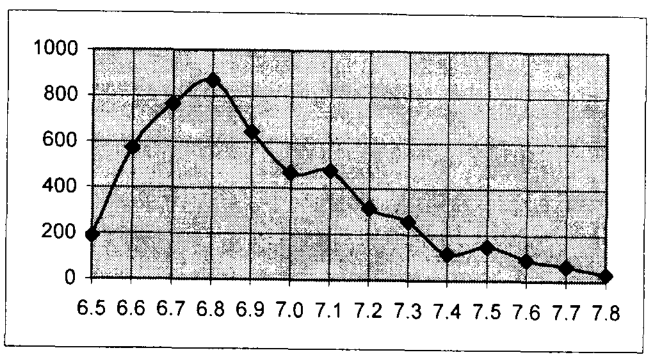


Figura 5.36 Gráfica del histograma 9

Ahora al pasar el histograma anterior a términos de probabilidad, obtenemos la función de densidad de probabilidad (pdf) representada por la siguiente formula y por la figura 5.37.

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

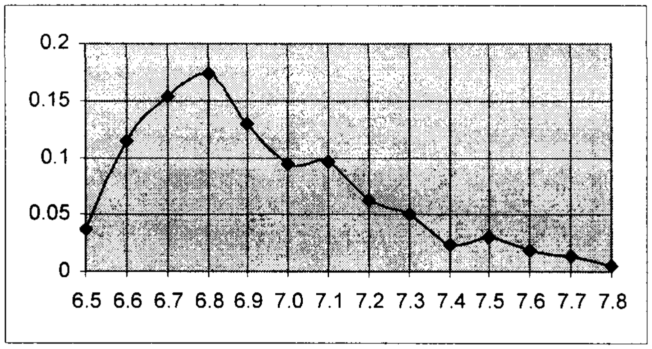


Figura 5.37 Función de densidad de probabilidad histograma 9

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$P(6.5) = 0.0374$
$P(6.6) = 0.1146$
$P(6.7) = 0.153$
$P(6.8) = 0.1734$
$P(6.9) = 0.129$
$P(7.0) = 0.0934$
$P(7.1) = 0.0954$
$P(7.2) = 0.0624$
$P(7.3) = 0.0512$
$P(7.4) = 0.0232$
$P(7.5) = 0.0298$
$P(7.6) = 0.0184$
$P(7.7) = 0.013$
$P(7.8) = 0.0058$

Los resultados estadísticos obtenidos son:

Moda $= \xi = 6.8$
Valor medio $= \mu = 6.9283$
Desviación estándar $= \sigma = 0.2837$
Varianza $= \sigma^2 = 0.0805$

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

Por lo tanto,

$F(6.5) = P(6.5) = 0.0374$

$F(6.6) = P(6.5)+P(6.6) =$ 0.1520
$F(6.7) = P(6.5)+P(6.6)+P(6.7) =$ 0.3050
$F(6.8) = P(6.5)+P(6.6)+P(6.7)+P(6.8) =$ 0.4784 → ***cdf de la moda***
$F(6.9) = P(6.5)+P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9) =$ 0.6074
$F(7.0) = P(6.5)+P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) =$ 0.7008

.
.
.
.

$F(7.8) = P(6.5)+P(6.2)+P(6.3)+ \ldots\ldots\ldots\ldots +P(7.6)+P(7.7)+P(7.8) =$ 1.0000

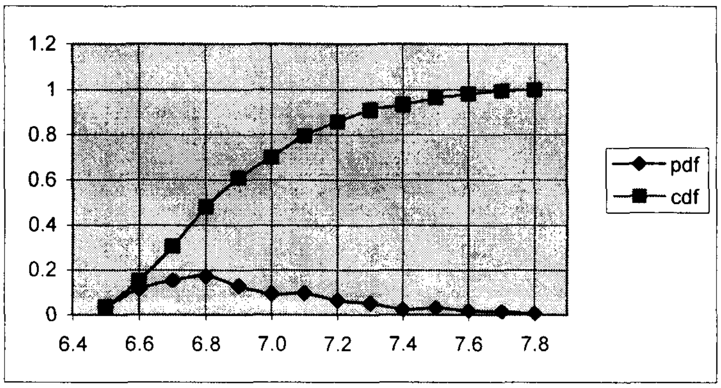


Figura 5.38 Gráfica PDF y CDF del rango 2

Resultados para el Rango 3

Periodo	*h(t) proyectado originalmente*	*Rango de aleatoriedad establecido para la h(t)*
1	160	-25% → +25%
2	4908	-25% → +25%
3	31007	-25% → +25%
4	87328	-25% → +25%
5	126597	-25% → +25%
6	106665	-25% → +25%
7	64944	-25% → +25%
8	34859	-25% → +25%
9	18401	-25% → +25%
10	9980	-25% → +25%

Tabla 5.14 Rango por periodo para el rango 3

Por lo tanto, después de 5000 simulaciones de variación en este rango establecido, el histograma de cómo se movió el punto recuperación quedo de la siguiente manera:

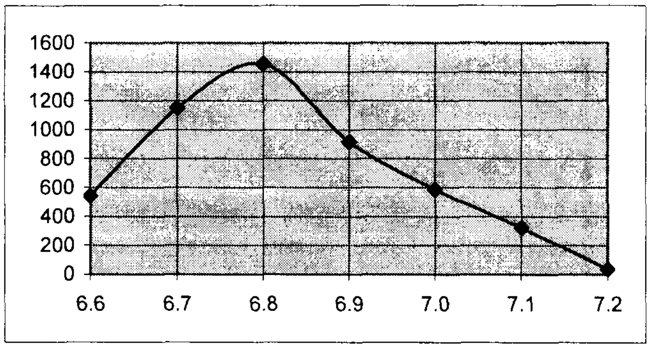


Figura 5.39 Gráfica del histograma 10

Ahora al pasar el histograma anterior a términos de probabilidad, obtenemos la función de densidad de probabilidad (pdf) representada por la siguiente formula y por la figura 5.40.

$$p(x) = \int_{-\alpha}^{\alpha} p(x)dx$$

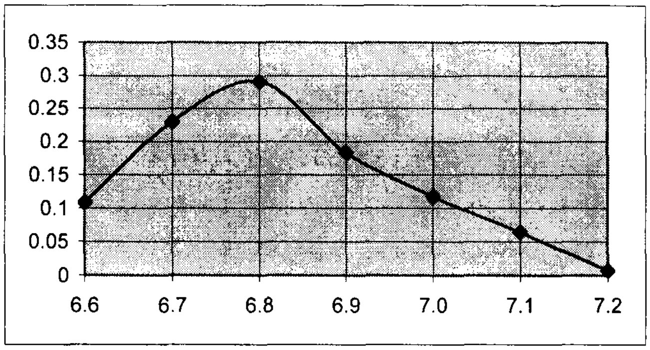


Figura 5.40 Función de densidad de probabilidad Histograma 10

Donde las probabilidades para cada punto de recuperación son:

$P(6.6) = 0.1084$
$P(6.7) = 0.2294$
$P(6.8) = 0.2906$
$P(6.9) = 0.1826$
$P(7.0) = 0.1174$
$P(7.1) = 0.0642$
$P(7.2) = 0.0074$

Los resultados estadísticos obtenidos son:

Moda = ξ =6.8
Valor medio = μ = 6.8193
Desviación estándar = σ = 0.1405
Varianza = σ^2 = 0.0197

A partir de la función de densidad de probabilidad, obtenemos la función de distribución acumulativa (cdf) para los diferentes puntos de recuperación, de manera que:

$$F(x) = \int_{-\alpha}^{x} p(x)dx$$

$F(6.6) = P(6.6) = 0.1084$
$F(6.7) = P(6.6)+P(6.7) = 0.3378$
$F(6.8) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8) = 0.6284$ → *cdf de la moda*
$F(6.9) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9) = 0.8110$
$F(7.0) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0) = 0.9284$
$F(7.1) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1) = 0.9926$
$F(7.2) = P(6.6)+P(6.7)+P(6.8)+P(6.9)+P(7.0)+P(7.1)+P(7.2) = 1.0000$

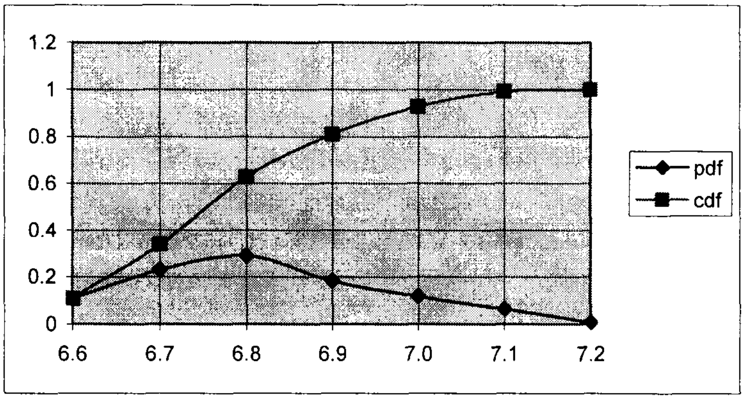


Figura 5.41 Gráfica PDF y CDF del rango 3

Comparación de resultados

En la tabla 5.15 se presentan los resultados estadísticos obtenidos para cada rango establecido en el análisis anterior.

	Rango establecido	*Datos de salida*
Rango 1	-100% → +100%	$\xi = 6.6$ $\mu = 7.0876$ $\sigma^2 = 0.4250$
Rango 2	-50% → +50%	$\xi = 6.8$ $\mu = 6.9283$ $\sigma^2 = 0.0805$
Rango 3	-25% → +25%	$\xi = 6.8$ $\mu = 6.8193$ $\sigma^2 = 0.0197$

Tabla 5.15 Resultados estadísticos de cada rango

En las gráficas de las figuras 5.42 y 5.43 se muestran la función de densidad de probabilidad (pdf) y la función de distribución acumulativa (cdf) de los rangos anteriores.

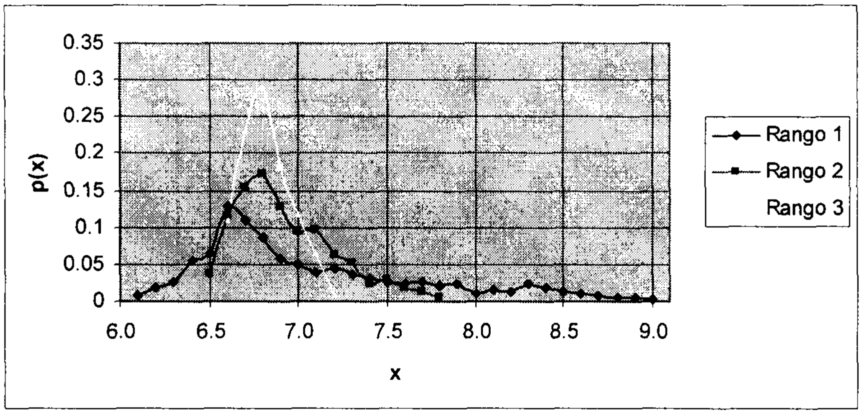


Figura 5.42 Función de densidad de probabilidad

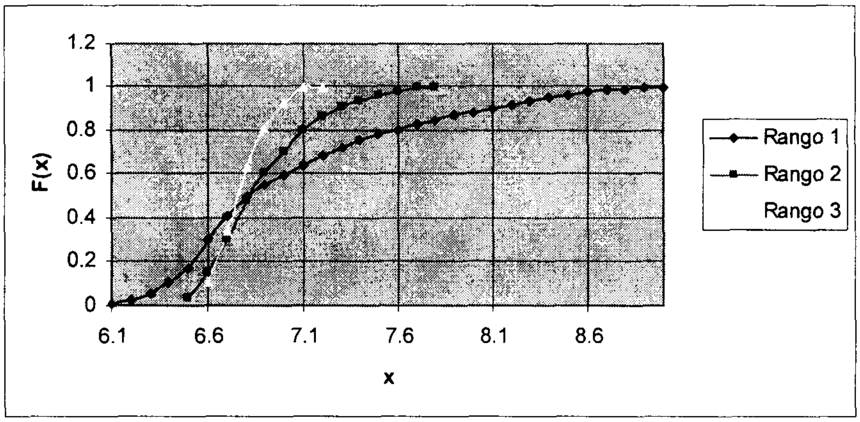


Figura 5.43 Función de distribución acumulativa

Como se puede observar en la tabla 26 y en las figuras 5.42 y 5.43, mientras más se amplía el rango de aleatoriedad mayor es el resultado de la varianza y del valor medio. Esto indica que entre más volatilidad o incertidumbre haya en la proyección de la captura de clientes el rango de movimiento del punto de recuperación se hace más amplio, lo que por consecuencia dificulta la toma de decisiones para el empresario. La idea esta en acomodar las variables controlables por el empresario (precio, inversión, año de lanzamiento) de manera que se trate de contrarrestar la incertidumbre provocada por la captura de clientes, la cual por naturaleza propia normalmente es ajena al control de la compañía.

Capítulo 6

Conclusiones

En el presente trabajo se plantea un modelo shot noise para evaluar proyectos de inversión de tecnologías de información y telecomunicaciones (TIC's).

Basándose en el supuesto de que estos proyectos son inciertos, el modelo propuesto nace a partir de la metodología de opciones reales ya que permite al empresario considerar opciones como suspender, esperar o abandonar un proyecto de la misma forma que lo hace el modelo Schwartz - Zozaya y el modelo Black - Scholes, solo que este modelo tiene la ventaja de que estas opciones pueden ser aun más flexibles partiendo desde el punto de poder manipular las variables controlables del proyecto, es decir, que tiene la flexibilidad de generar las opciones estructurando el proyecto como una secuencia de decisiones manejables con el paso del tiempo.

La idea del modelo recae en el hecho de que el analista o la persona que se encarga de tomar la decisión en la empresa pueda jugar con las variables que afectan en el proyecto de inversión como lo son la planificación en los gastos de inversión, el precio que se le puede dar al producto o servicio tecnológico, el año de lanzamiento, la llegada o captura de clientes a lo largo del tiempo del vida del proyecto, la tasa de descuento (TREMA) con la cual se hacen las operaciones dentro del análisis, y que como ya se menciono anteriormente tienden a ser desconocidas porque dependen directamente de factores anejos a la empresa, es decir, todas aquellas variables que deciden el camino del análisis de evaluación de factibilidad del proyecto y que desde luego están acompañadas de un nivel de incertidumbre.

Cuando el analista modifica dentro del modelo alguna de estas variables antes mencionadas, lo que hace es ver automáticamente como se mueve el punto de recuperación en el tiempo con cada acción llevada a cabo, de manera que así puede tomar decisiones que afecten en la planeación estratégica del proyecto de inversión. De hecho, muchas empresas lo que hacen es que se anteponen tiempo críticos para recuperar su inversión, de esta manera lo que tendrían que hacer es simplemente modificar la variables pertinentes para cumplir con este requerimiento.

Por lo tanto, usando el modelo propuesto en este trabajo el empresario construye sus propias opciones dependiendo de los requerimientos particulares que se tengan, por ejemplo se puede tomar la decisión de esperar y elevar el precio, o invertir adelantando el tiempo de lanzamiento aumentando los montos de inversión, o ir retrasando el proyecto bajando los montos de inversión o de plano abandonar el proyecto.

Durante este trabajo también se llevo acabo un análisis estadístico en la variación de los montos de inversión y en la captura de clientes, con la finalidad de dejar más claro y gráfico como es el comportamiento del punto de recuperación con diferentes rangos de incertidumbre. Los resultados para la variación en costos fue que los gastos de operación casi no afectan en el movimiento del punto de recuperación, sin embargo esto depende de las condiciones iniciales que se establezcan, ya que si los gastos de operación se definen mayores o con rangos aleatorios más amplios el resultado seguramente será diferente, de ahí la importancia de poder establecer un análisis estadístico para cada proyecto a ser evaluado. Otro punto importante obtenido en los resultados confirma el hecho de que entre más volátil o incierta sea la tasa de captura de clientes proyectada más amplio es el margen de movimiento del punto de recuperación, lo que por ende hace que el modelo sea menos preciso.

6.1 Líneas de Investigación Futura

A partir de los resultados obtenidos en la variación de costos de este modelo, se obtuvo que los gastos de operación son casi despreciables según las condiciones originalmente expuestas por el caso usado de ejemplo, sin embargo sería de gran enriquecimiento usar el modelo propuesto para evaluar un proyecto real (del mercado local) estudiado por alguna empresa del giro de telecomunicaciones y comparar los resultados reales después de cierto tiempo con los resultados obtenidos por el análisis del modelo, de manera que con esto se puedan sacar conclusiones más fieles al comportamiento del punto de recuperación con respecto al establecimiento de diferentes planes de inversión y gastos de operación.

Otro de los posibles trabajos que pudieran enriquecer la finalidad del modelo, es la adaptación de una función que considere el aspecto de depreciación de la tecnología adquirida, ya que esto es algo muy común en las empresas de tecnologías de información y comunicaciones, el valor de la tecnología va decreciendo conforme al valor original establecido en el tiempo cero del proyecto.

El modelo propuesto considera al mercado potencial como externo, es decir, que el producto o servicio tecnológico se vende o se renta a usuarios externos a la compañía ya sea de forma local, estatal, nacional o internacional. Sin embargo, una alternativa es modificar el modelo para que se puedan evaluar proyectos de adquisición de tecnología dentro de la misma compañía, es decir, que se pudiera analizar la viabilidad de comprar una tecnología para uso interno de la empresa, para esto es necesario establecer alguna metodología para poder cuantificar los beneficios ofrecidos por la tecnología y entonces si poder compararla con los costos de inversión y gastos de operación.

Referencias

[1] Amram, Martha y Kulatilaka, Nalin, *Real Options. Managing Strategic Investment in an Uncertain World.* Ed. HBS Press. Estados Unidos, 1998.

[2] Baca Urbina, Gabriel, *Evaluación de Proyectos*, Mc Graw Hill, México, 2ª edición, 1995.

[3] Benaroch, M. y Kauffman, R.J., *A case for using Real Options Princing Analysis to Evaluate Information Tecnology Proyçject Investments.* Information Systems Research. Vol. 10, 1999.

[4] Black, F. y Scholes, M., *The Pricing of Options and Corporate Liabilities.* Journal of Political Economy. Vol. 81, pp. 637-654, 1973.

[5] Christensen, C., *El Dilema del Innovador.* Editorial Gránica. Argentina, 1999.

[6] Damodaran, Aswath, *The Promise and Perfil of Real Options.* Financial Analysts Journal 42, 62-75p, 1996.

[7] Damodaran, A., *Applied Corporate Finance, A user's manual.* Editorial John Wiley & sons, Inc. New York, 1997.

[8] Dedrick, Jason y Kraemer, Kenneth, *The impacts of Information Technology, the Internet, and Electronic commerce on Firm and Industry Structure: The Personal Computer Industry.* Center for Research on Information technology and Organizations. University of California, 2002.

[9] Kemna, A., *Case Studies on Real Options.* Financial Management. Vol. 22, No. 3, pp. 259-270, 1993.

[10] Dewan, S. y Min, C., *The Substitution of Information Technology for Other Factors of Production: A Firm Level Analysis.* Management Science. Vol. 43, No. 12, pp.1660-1675, 1997.

[11] Dixit, A. y Pindyck, R., *Investment under Uncertainty*, New Jersey: Princeton University Press, 1994.

[12] Flatto, Dr Jerry, North Carolina A&T State University. *The role of Real Options in Valuing Information Technology Projects*, 2001.

[13] French, Simon y Zhigang Xie, *A Perpective on Recent Developments in Utility Theory, en Decision Theory and Decision Analysis: Trend and Challenges.* Sixto Ríos, Ed., Kluwer Academic Publishers, Boston, p.p. 15-31, 1994.

[14] Hespos, R. y P. Strassman, *Stochastic Decision Trees for the Analysis of Investment Decisions*, Management Science, Vol. 13, No. 12, pp. 244-259, 1965.

[15] Hillier, F. S., *The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments*, Management Science, Vol. 9, No.3, pp. 443-457, 1963

[16] Ingersoll, J. and Ross, S., *Waiting to Invest: Investment and Uncertainty*. Journal of Business. Vol. 65, No. 1, pp. 1-29, 1992.

[17] Kahneman, D., & Tversky, A., *Choices, values and frames. American Psychologist*, New York: Cambridge University Press and the Russell Sage Foundation, p.p 341-350, 2000.

[18] Keeny, R.L. y Raiffa, L., *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley and Sons, 1976.

[19] Lucas, H., *Information Technology and the Productivity Paradox*, New York: Oxford University Press, 1999.

[20] Luehrman, T.A., *Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers*. Harvard Business Review, No. July-August, pp. 51-67, 1998.

[21] Margrabe, W., *The Value of an Option to Exchange One Asset for Another*. Journal of Finance. Vol. 33, No. March, pp. 177-186, 1978.

[22] Moya, Ximena, *Evaluación de Proyectos de Innovación Tecnológica basada en Gestión de la Innovación*. Tesis de Magíster en Ingeniería Industrial. Universidad de Concepción, 2001

[23] Múnera, H.A., *Modeling of Individual Risk Attitudes in Decision Makinng Under Uncertainty: An Application to Nuclear Power*, Berkeley, Disertación de Ph. D., University of California, septiembre de1978.

[24] Panayi, S. y Trigeorgis, L., *Multi-stage Real Options: The Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion*. The Quarterly Review of Economics and Finance. Vol. 38, No. Special Issue, pp. 675-692, 1998.

[25] Pineda, Ricardo, *Filminas clase Administración de recursos para las telecomunicaciones*, ITESM-EGADE, 2003.

[26] Schwartz , Eduardo y Mark., *Rational Pricing of Internet Companies. Financial Analysts Journal 56*, 62-75p, 2000.

[27] Schwartz, E. y Moon, M. *Evaluating Research and Development Investments, in Project Flexibility, Agency, and Competition*, 2000. Editors, Oxford University Press: New York, pp. 85-106, 2000.

[28] Schwartz, Eduardo y Zozaya, Carlos, *Investment under uncertainty in information technology: Acquisition and development projects.* Management Science, p.p. 57-70, 2000.

[29] Vaughan, Emmet J., *Fundamentals of Risk and Insurance*, John Wiley, U.S.A, 7° edición, 1996.

[30] Wilson, Bright, *An Introduction to Scientific Research.* Mc Graw Hill Book Company, Nueva York, 1952.

[31] http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/27/mpri.htm

[32] www.idate.fr/an/digiworld2004/

Apéndice A

TREMA

Este punto es tal vez, de los principales a determinar en el análisis económico, la TMAR o tasa mínima aceptable de rendimiento, también llamada TIMA, tasa de interés mínima aceptable o TREMA, tasa de rendimiento mínimo aceptable, se forma de dos componentes que son:

$$TMAR = inflación + premio\ al\ riesgo\ (1+f)\ (1+i) - 1 = i + f + if$$

donde $f = inflación$

La inflación se puede eliminar de la evaluación económica si se dan resultados numéricos similares, por tanto, lo que realmente importa es la determinación del premio (o prima) de riesgo.

Cuando la inversión se efectúa en una empresa privada, la determinación se simplifica, pues la TMAR para evaluar cualquier tipo de inversión dentro de la empresa, será la misma y además ya debe estar dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles. No hay que olvidar que la prima de riesgo es el valor en que el inversionista desea que crezca su inversión por encima de la inflación, es decir, la prima de riesgo indica el crecimiento real del patrimonio de la empresa.

Sin embargo, el verdadero problema empieza cuando se analiza una inversión gubernamental, donde se supone que el gobierno no invierte para hacer crecer el valor de sus inversiones. Sería erróneo pensar que porque es el gobierno quien invierte no importa realizar una evaluación económica, por lo que se pueden tomar así decisiones equivocadas, lo cual, evidentemente es un error.

Por tanto, al determinar la TMAR para inversiones gubernamentales, si bien es cierto que no se debe considerar que siempre habrá pérdidas, tampoco se debe considerar que las inversiones que haga el Estado deberán tener grandes ganancias.

Algunos investigadores de Estados Unidos han concluido que la tasa de rendimiento que debe considerarse en inversiones del gobierno es la tasa de rendimiento de los bonos del tesoro de Estados Unidos. En México, su equivalente sería la tasa que pagan los CETES (certificados de la tesorería). Sin embargo, si se recuerda que la TMAR está formada por la tasa de inflación más la prima de riesgo, entonces en México la TMAR gubernamental sería la tasa de los CETES menos la inflación vigente en ese momento, lo que da por resultado la prima de riesgo para inversiones del gobierno. Si se realiza este cálculo durante el periodo histórico en que han existido los CETES, se llegará a la conclusión de que la prima de riesgo para inversiones públicas es de cero en promedio.

Este resultado es lógico en cierta medida por dos razones: la primera indica que el gobierno no ha lucrado ni desea lucrar con sus inversiones; la segunda razón, tal vez más lógica, es que el riesgo es de cero en todas las inversiones que hace el gobierno.

Como existen dos formas de realizar una evaluación económica que son al considerar la inflación y sin considerar la inflación, se puede concluir, luego de este breve análisis, que si se realiza una evaluación económica de una inversión gubernamental considerándose la inflación, la TMAR es simplemente la tasa que otorgan los CETES en ese momento; si el análisis se realiza sin considerar la inflación, la TMAR debe tener un valor entre cero y 3% como máximo, valor que se obtiene al restar a la tasa de los CETES el valor de la inflación.

En caso de una inversión privada, la prima de riesgo puede variar desde un 5% para negocios de muy bajo riesgo, hasta un valor de 50 o 60% anual, o aún más, según sea el riesgo calculado en la inversión y operación de la empresa.

Apéndice B

Valor del dinero en el tiempo

B. 1 Análisis de rentabilidad

El problema que se plantea el decisor al enfrentarse con flujos de dinero que ocurren en diferentes períodos. Para cualquier persona es muy claro, intuitivamente, que el individuo tiene preferencia por consumir ahora y no posponer ese consumo; también es muy claro para cualquier individuo que se prefiere tener una suma de dinero hoy y no tener que esperar un cierto tiempo para poder contar con la misma cantidad de dinero ofrecida para hoy. Sobre esta base se desarrolla lo que se conoce como valor del dinero a través del tiempo.

B.2 Concepto de equivalencia

Uno de los fundamentos de la economía es la psicología. El comportamiento del individuo en relación con sus decisiones, comportamiento de consumo y ahorro, es el elemento básico del estudio de la ciencia económica. Por ejemplo, los individuos obtienen satisfacción al consumir -por consumir lo más pronto posible-, y pueden cambiar consumo actual por consumo futuro, siempre que la utilidad o satisfacción que obtenga de este último sea al menos equivalente, no necesariamente igual, a la del consumo actual.

Un modelo matemático que representa estas ideas, consiste en la siguiente ecuación:

$$F = P + \textit{compensación por aplazar consumo}$$

Donde:
F = Suma futura poseída al final de n períodos.
P = Suma de capital colocado en el período 0.

Este modelo permite introducir un concepto de mucha importancia: el *concepto de equivalencia.* Se dice que dos sumas son equivalentes, aunque no iguales, cuando a la persona le es indiferente recibir una suma de dinero hoy (*P*) y recibir otra diferente (*F*) mayor al cabo de un (1) período de tiempo.

Esta diferencia entre *P* y *F* responde por el *valor* que le asigna el individuo al sacrificio de consumo actual y al riesgo que percibe y asume al posponer el ingreso.

El concepto de equivalencia implica que el valor del dinero depende del momento en que se considere, esto es, que un peso hoy, es diferente a un peso dentro de un mes o dentro de un año. Más simple, un peso hoy vale más que un peso futuro.

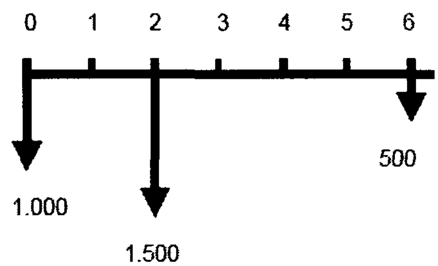
B.3 Diagrama de flujo de caja

El diagrama de flujo de caja libre consiste en un modelo gráfico que se utiliza para representar los desembolsos e ingresos de dinero a través del tiempo. En este eje de tiempo, el período puede ser un día, un mes, un año o cualquier otra unidad de tiempo.
Lo primero que se debe hacer es representar el eje del tiempo:

Aquí cada número indica el final del período correspondiente. Así, el número cero indica el momento presente, o sea cuando el decisor se encuentra tomando una decisión; el número uno indica el final del período uno, etcétera. En este eje de tiempo, el período puede ser un día, un mes, un año o cualquier otra unidad de tiempo.

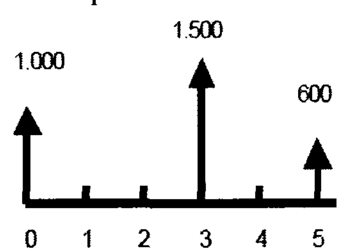
Los desembolsos o egresos convencionalmente se expresan con una flecha hacia abajo; los ingresos, con una flecha hacia arriba; al escribir un desembolso o egreso, en una hoja de cálculo, debe respetarse el signo, es decir, se debe escribir con signo menos. El resultado será flujo de caja.

Los desembolsos o egresos convencionalmente se expresan con una flecha hacia abajo:



O sea que se efectúan desembolsos al final del período cero (hoy) por $1.000, al final del período dos por $1.500, y al final del período seis por $500.

Los ingresos convencionalmente se representan con flechas hacia arriba:



En este caso se indica que en el período 0 (final del período, hoy) se reciben $1.000, en el tres se reciben $1.500, y en el cinco, $600. De esta manera se puede expresar en forma gráfica y sencilla una inversión de recursos en una fecha determinada y los ingresos o beneficios que produzca en otro período.

Apéndice C

Shot-noise

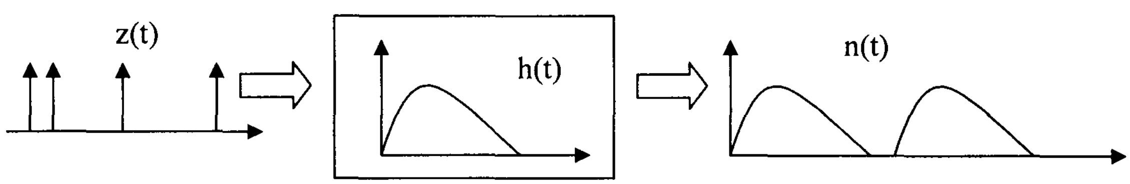
El proceso de poisson es casi siempre usado para modelar una secuencia de impulsos de ruido en un circuito electrónico linear, o en general, un sistema lineal. Entonces, la salida de este circuito es llamada shot-noise.

Es decir, dado una serie de impulsos Poisson con una densidad promedio λ y una función real *h(t)* se forma la suma denominada shot-noise *n(t)*.

Por definición *n(t)* puede ser representado como la salida de un sistema lineal por el comportamiento *h(t)* y una entrada de impulsos Poisson:

$$z(t) = \sum_i \delta(t-t_i).$$

Los impulsos Poisson en ti son aleatorios:



Por lo tanto,

$$n(t) = \sum_i h(t-t_i).$$

Generalizando shot-noise

Dado una serie de impulsos Poisson en t_i, con densidad promedio λ, pero con un coeficiente de magnitud aleatoria.

$$z(t) = \sum_i C_i \delta(t-t_i).$$

Donde C_i es una secuencia de magnitudes independientes a t_i.

Por lo tanto, con la convolución *z(t)* y la función *h(t)* se obtiene shot-noise para diferentes magnitudes aleatorias.

$$n(t) = \sum_i C_i\, h(t-t_i) = z(t)*h(t)$$

Apéndice D

Características de la función logística

Llamada también curva sigmoidal, es una función matemática que representa una variable que se incrementa primero lentamente luego crece con mayor rapidez y finalmente vuelve al crecimiento lento hasta llegar a estabilizarse en un valor determinado.

La ecuación que describe a la función logística es la siguiente:

$$S(t) = \frac{A}{1 + e^{-\alpha t + \beta}}$$

Donde *A, α, y x* representan los parámetros que le van a dar la forma a la curva "s".
A = Parámetro que representa el mercado potencial total de usuarios esperados.
α = Parámetro que regula la forma de la curva.
β = Parámetro que regula el corrimiento de la curva.

La función logística es una curva que describe el comportamiento típico de penetración de mercado (curva "s"), con la flexibilidad de tener dos parámetros que dan la oportunidad de moldear dicha curva a requerimientos específicos de comportamiento.

En la ecuación diferencial de la función logística nos podemos dar cuenta que esta función describe escenarios donde la penetración de mercado actual es proporcional a la penetración de mercado faltante.

Ecuación diferencial función logística:

$$dS(t) = \frac{\alpha S(t)\,[A - S(t)]}{A}$$

La curva de penetración es directamente proporcional al mercado potencial menos el mercado por completar.