



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

UTILIZACIÓN DE @RISK EN
APLICACIONES ACTUARIALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIA

P R E S E N T A :

ROSA GABRIELA CRUZ CU

TUTOR
M. en C. JESUS AGUSTIN CANO
GARCÉS

2007





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS



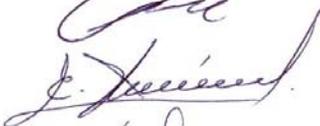
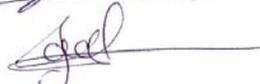
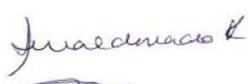
División de Estudios Profesionales

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e .

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

“Utilización de @Risk en Aplicaciones Actuariales”

realizado por **Cruz Cu Rosa Gabriela**, con número de cuenta **402048549**, quien opta por titularse en la opción de **Tesis** de la licenciatura en **Actuaría**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Tutor(a)			
Propietario	M. en C.	Agustín Cano Garcés	
Propietario	Act.	Ernesto Gabriel Hernández Pérez	
Propietario	Dra.	Guadalupe Carrasco Licea	
Suplente	Act.	Amalia Maldonado Rosas	
Suplente	Act.	María Aurora Valdés Michell	

A t e n t a m e n t e
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad Universitaria, D.F., a 17 de abril del 2007.
**EL COORDINADOR DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
DE LA LICENCIATURA EN ACTUARÍA**

ACT. ROBERTO CANOVAS THERIOT
CONSEJO DEPARTAMENTAL
DE
MATEMÁTICAS

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

A mi mamá:

*Quién, al través de su profunda
sensibilidad, me dio la luz y
la energía requeridas,
iluminándome el camino a seguir
durante la consecución de mis estudios.*

*A ella, con las manos puestas en el corazón,
mi eterna gratitud.*

A mis abuelos:

Quiénes nunca me negaron su comprensión

y en cambio siempre me brindaron

sus sabios consejos,

en la búsqueda de nuevas realidades.

A mi tía:

*A quién, mas que mi tía,
he considerado una hermana mayor,
por sus valiosas enseñanzas.*

*A mi hermano,
con mi invariable cariño,
y especialmente a mis sobrinas,
dos bellas rosas que,
como violetas celestiales
enriquecieron mi esfuerzo con su dulzura.*

*A mis maestros:
por sus valiosas enseñanzas.*

*A mis compañeros de estudio:
por participar en la aventura
educativa que juntos realizamos.*

ÍNDICE

PREFACIO	1
CAPITULO 1. Simulación	3
1.1 Modelos	3
1.2 Riesgo	4
1.3 Simulación	9
1.3.1 Métodos de Muestreo	10
➤ Monte Carlo	
➤ Hipercubo Latino	
1.4 @Risk	13
1.4.1 Descripción General	13
1.4.2 Análisis de riesgos con @Risk	15
1.4.3 Variables y Distribuciones	15
1.4.4 Simulación con @Risk	16
1.4.5 Interpretación de resultados	17
CAPITULO 2. Productos Financieros Derivados	19
2.1. Antecedentes	19
2.1.1. Antecedentes en México	21
2.2 Concepto de Productos Financieros Derivados	23
2.2.1 Negociación con Derivados	24
2.3 Swaps	25
2.3.1 Orígenes del mercado de Swaps	25
2.3.2 Concepto de Swap	26
2.3.3 Fundamentos y Estructura General	27
➤ Oferentes	
2.3.4 Tipos de Swaps	29
➤ Swaps de divisas	
➤ Swaps de tasas de interés	
2.3.5 Variantes de los Swaps	33

2.3.6	Aplicación de @Risk en la valuación de un Swap	35
2.4	Opciones	47
2.4.1	Orígenes de las Opciones	47
2.4.2	Concepto de Opción	49
2.4.3	Tipos de Opciones	51
2.4.4	Valuación de Opciones	54
	➤ Límites del valor de las Opciones	
	➤ Paridad Call-Put	
	➤ Modelo Binomial	
	▪ Modelo Binomial para opciones europeas	
	▪ Modelo Binomial para opciones americanas	
	▪ Ejemplos	
	➤ Modelo Black & Acholes	
	▪ Ejemplos	
	➤ Efecto de la volatilidad en el valor de las Opciones	
	➤ Proceso Estocásticos de la Valuación de Opciones	
2.4.5	Aplicación de @Risk en la valuación de Opciones	71
CAPITULO 3. Simulación de nuevos productos		77
3.1	Metodología del lanzamiento de Nuevos Productos	77
3.1.1	Etapas del proceso de desarrollo de Nuevos Productos	78
3.2	Ejemplos de simulación de nuevos productos	89
CONCLUSIONES		119
APENDICE. Modelo Bass para ventas de un producto		122
BIBLIOGRAFÍA		124

PREFACIO

Diversos acontecimientos como derrumbamientos en los tipos de cambio, las crisis en los precios del petróleo, en la inflación descontrolada, las oscilaciones en las tasas de interés, entre otros, han tenido fuertes impactos en los mercados financieros y en las empresas.

En los países desarrollados, como en los que están en proceso de industrialización, el análisis de riesgos es un tema que debe interesar a los dueños de cualquier tipo de industria con una actividad económica. Los empresarios tienen que tomar en cuenta diversos aspectos como: la ampliación e incremento de las líneas de producción, los precios de los productos, la competencia y la penetración en mercados tanto nacionales como internacionales, todo esto con la finalidad de tener una mayor productividad y alcanzar mayores rendimientos.

En cualquier empresa se observa todos los días la necesidad de tener un mayor control de las operaciones que hacen posible la funcionalidad de la organización. Este control es con la intención de minimizar la exposición a los diferentes tipos de riesgos, ya sean administrativos, económicos u operativos, que pudieran comprometer la integridad de la compañía. Para realizar un debido control es necesario tomar muchas decisiones. Se toman decisiones acerca de dónde y cómo invertir, qué producto fabricar, qué precio; decisiones claves de marketing, investigación y desarrollo, o ingeniería, todas éstas tomadas basándose en suposiciones de demanda, porciones de mercado o influencia de la competencia.

Por todo lo anterior se ha acrecentado el interés, de las comunidades empresariales y financieras, en el desarrollo de una gran cantidad de herramientas computacionales para el análisis de riesgos y la toma de decisiones.

Toda esta tecnología, es consecuencia de la alta demanda de productos y servicios y de la creciente competencia entre organizaciones que buscan una mayor eficiencia, mejoras económicas, estratégicas e informativas con una menor incertidumbre¹. Debido a las nuevas herramientas computacionales, es posible ver los resultados de una situación, en el mejor o en el peor de los casos, e indicar la probabilidad de que ocurran. Esto permite una mayor precisión en la toma de decisiones, ya que se cuenta con información completa para poder juzgar los riesgos existentes y los que se pueden evitar.

En este trabajo se muestra la aplicación, en algunos ejemplos actuariales, de un programa computacional para el análisis de riesgos, @Risk[®]. Este software se compone de varias herramientas que permiten hacer análisis de aspectos importantes en la toma de decisiones dentro de una compañía. Tomar la decisión más adecuada significa hacer un análisis del riesgo y seleccionar la mejor estrategia basándose en la información que se tiene disponible.

@Risk usa una técnica llamada simulación para combinar todas las incertidumbres identificadas en un modelo. Con esto ya no es necesario reducir toda la información que se conoce de una variable a un solo número, sino que se puede visualizar toda la información de la variable incluyendo el rango de posibles valores y la probabilidad de ocurrencia de éstos.

Por la versatilidad de sus funciones, este material es de gran utilidad para la toma de decisiones en diferentes escenarios. Por ejemplo, en la creación y administración de una cartera de inversión, en consultorías, en seguros, en reaseguros, en planificación financiera, en la industria farmacéutica, en la industria manufacturera y en productos de consumo, entre otros.

La presente investigación tiene el propósito de mostrar la aplicación de @Risk[®], ejemplificando su aplicación en la Valuación de Opciones, Swaps y en el lanzamiento de un nuevo producto dentro de una empresa.

¹ Nivel de ignorancia del evaluador acerca de los parámetros que caracterizan el sistema a modelar.

CAPÍTULO 1

SIMULACION

1.1 Modelos

Un modelo es cualquier tipo de actividad donde se trata de crear representaciones de situaciones de la vida real para poder analizarlas. Este recurso ofrece al hombre la posibilidad de pensar racionalmente para optimizar su quehacer.

Los modelos pueden ser simples o complejos, pueden referirse a la naturaleza física de las cosas o simplemente dar a conocer las características principales del hecho o fenómeno para el cual se trazó el mismo.

Los modelos que son de interés para el presente trabajo son los que reflejan la realidad en forma sintetizada, expresados en un lenguaje preciso, riguroso y exacto, que permiten predecir y alcanzar resultados ante diferentes cambios o modificaciones de las variables.

Los modelos matemáticos tienen la característica de ser confiables y es por eso que después de ser delineado un modelo matemático deben discutirse exhaustivamente todas las posibles fallas o errores del mismo hasta alcanzarse la perfección para que su aplicación no conduzca a errores. Se utilizan para la organización y administración de empresas, son armas poderosas que sirven para alcanzar los objetivos y delinear prácticas de producción, de penetración de mercados, de posicionamiento de ventas, etc.

Los modelos ayudan a tomar de decisiones que tienen que ver con agregar valor a un producto para incrementar sus ventajas competitivas y alcanzar la satisfacción del cliente.

1.2 Riesgo e incertidumbre

Dos factores explican la incapacidad para predecir en forma precisa un evento futuro: el riesgo y la incertidumbre.

La **Incetidumbre** es el nivel de ignorancia del evaluador acerca de los parámetros que caracterizan el sistema a modelar. Se puede reducir a veces con mediciones adicionales o mayor estudio, o consulta a expertos.

El **riesgo** es usualmente vinculado a la probabilidad de que ocurra un evento incierto, es decir, a la incapacidad de saber lo que pasará en el futuro, como respuesta a una acción realizada el día de hoy. El riesgo implica que una cierta acción tiene más de una sola consecuencia. Generalmente la probabilidad de que ocurra un evento incierto y el daño que se espera de él, deben ser unidos en un escenario creíble que combine el riesgo y las probabilidades de arrepentimiento y recompensa en un valor esperado. En el caso de inversiones, el riesgo es la incertidumbre sobre cuál será la rentabilidad efectiva de una inversión al final del horizonte temporal¹, definido para ésta.

El riesgo puede ser objetivo o subjetivo. Un riesgo objetivo puede ser descrito precisamente basado en una teoría, experimento o sentido común, aunque el resultado sea incierto. La descripción de un riesgo subjetivo no es única, es decir siempre se puede redefinir con la aparición de nueva información, una investigación más profunda, o por la opinión de otras personas. La mayoría de los riesgos entran en esta categoría.

El riesgo se divide en:

- Riesgo sistemático. Es el que influye en mayor o menor grado sobre un gran número de activos

¹ El horizonte temporal de un inversor es el período en que éste dispone de fondos, a coste predeterminado, para invertir.

- **Riesgo no sistemático.** Es el que afecta a un solo activo o a un pequeño grupo de activos, estos riesgos son específicos para algunas empresas, se les denomina también riesgos únicos o riesgos específicos.

Tipos de riesgos:

Los instrumentos financieros cuentan con tecnología que permite a los usuarios administrar eficientemente los riesgos en sus negocios. Al operar con instrumentos financieros se está expuesto a algunos tipos de riesgos como:

Riesgo Humano: También es conocido como riesgo ético o moral, y se presenta cuando el deudor aplica los fondos a un uso distinto al acordado con el acreedor, es decir, cuando los agentes se comportan de una manera imprudente, incorrecta o poco honrada en situaciones económicas.

Riesgo regulatorio. Se presenta cuando la contraparte no tiene la autoridad legal para realizar una transacción. También se refiere a cuando se realizan actividades que podrían quebrantar regulaciones gubernamentales, como la manipulación del mercado, operación con información privilegiada, etc. La regulación puede variar de país a país, o incluso dentro del mismo país, también esta sujeta a cambios y a diferencias de interpretación.

Riesgo operacional. Se refiere a pérdidas resultantes de sistemas inadecuados, fallas administrativas, fraudes, o errores causados por el personal encargado del sistema. Otros ejemplos son: la falta de protección de sistemas para accesos no autorizados, pérdidas por desastres naturales, accidentes que involucren a individuos clave. La mejor protección contra este tipo de riesgos consiste en la redundancia de los sistemas, definición clara de las responsabilidades de los individuos involucrados, controles internos más efectivos y planeación de contingencias.

Riesgo de liquidez. Tiene dos formas:

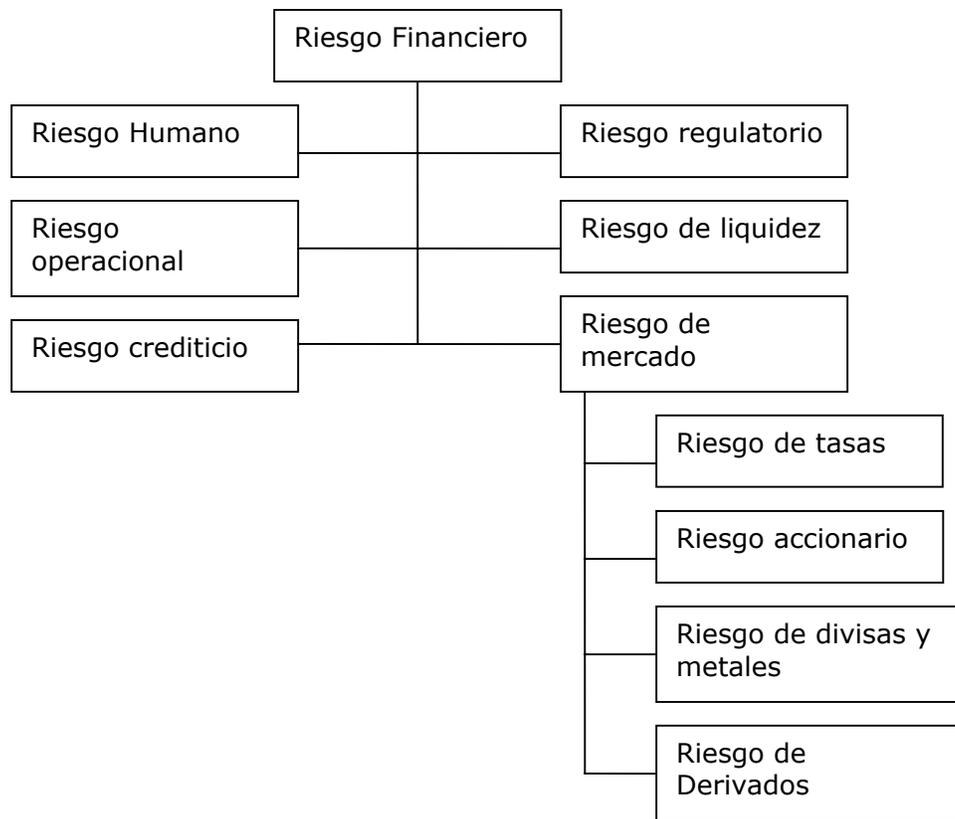
- Liquidez de mercado. Cuando una transacción no puede ser conducida a los precios prevaletientes del mercado debido a una baja operatividad del mismo.
- Flujo de efectivo. Se refiere a la incapacidad de conseguir obligaciones de flujos de efectivo necesarios, lo que puede ocasionar una liquidación anticipada.

Riesgo crediticio. Es el riesgo de la pérdida causada por el incumplimiento de las condiciones del contrato en un mercado. El efecto está medido por el costo de la reposición de flujos de efectivo si la contraparte incumple. Dentro de este tipo de riesgo está el riesgo soberano, esto es cuando los países imponen controles a las divisas que imposibilitan a la contraparte el cumplimiento de sus obligaciones.

Riesgo de mercado: El riesgo de mercado se ha vuelto muy popular debido a los grandes cambios de los valores negociados en los mercados financieros y a la constante expansión de dichos mercados. Éste surge de los cambios en el precio de los bienes operados (acciones, bonos, divisas, tasas, índices, etc.). Se mide a través de cambios en el valor de las posiciones abiertas e involucra la incertidumbre de las utilidades futuras como resultantes de los cambios en las condiciones de los mercados.

Los factores que pueden ser causa del riesgo de mercado son:

1. Tasa de interés.
2. Sobretasa.
3. Curva de rendimiento. Posibilidad de que las curvas en base a las cuales se determina el rendimiento de los activos y pasivos, se muevan en direcciones diferentes.
4. Riesgo de inflación.
5. Riesgo cambiario.
6. Riesgo accionario



En resumen el riesgo se deriva de la incapacidad de predecir el futuro, e indica un grado de incertidumbre que es lo suficientemente significativo como para que pueda ser notado.

El Análisis de Riesgo es cualquier método, cuantitativo o cualitativo, para evaluar el impacto del riesgo en situaciones de toma de decisiones. Lo más importante para realizarlo es reconocer que se tiene necesidad de éste. El siguiente paso es cuantificarlo. Cuantificar un riesgo significa determinar los posibles valores que puede tomar una variable riesgosa y la probabilidad de ocurrencia y del impacto potencial de diferentes fuentes de riesgo.

En la vida real no es posible realizar un experimento para calcular el riesgo. Pero lo que sí es posible es referirse a experiencias pasadas. No existe una fórmula matemática que se pueda utilizar para asociar el riesgo con las posibles consecuencias, se tiene que estimar el riesgo usando la mejor información que se tiene disponible. Para la estimación del riesgo existen varios modelos útiles, este trabajo se refiere a uno en particular, la simulación.

El análisis de riesgos es el proceso de:

- identificación de fuentes de riesgo,
- evaluación cuantitativa y cualitativa del riesgo,
- administración del riesgo,
- comunicación a las partes interesadas de la evaluación hecha y las decisiones tomadas.

Tanto el riesgo como la incertidumbre se describen mediante distribuciones de probabilidad. Por lo tanto, una distribución de probabilidad puede reflejar en parte el carácter estocástico del sistema analizado y en parte la incertidumbre acerca del comportamiento de la variable.

Los resultados que se obtengan de un modelo de este tipo reflejarán la variabilidad total: el efecto conjunto de riesgo e incertidumbre.

Separar el riesgo de la incertidumbre permite entender qué pasos podrían tomarse que sean más efectivos para reducir la variabilidad total. Si una proporción importante de la variabilidad total se debe a incertidumbre, entonces la estimación acerca del futuro podría mejorarse recopilando mejor información. Si una proporción importante de la variabilidad total se debiera a riesgo, la única manera de reducir la variabilidad total es modificando el sistema analizado.

1.3 Simulación

La simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo lógico-matemático de un sistema o proceso de decisión y conducir experimentos con este modelo, con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar las estrategias con las que se puede operar.

Hoy en día la simulación es ampliamente aceptada tanto en el ámbito académico como en el mundo de los negocios, para predecir, explicar, entrenar y ayudar a identificar soluciones óptimas.

La simulación permite obtener un análisis y entendimiento más complejo de la situación y del riesgo involucrado y superar algunas limitaciones del enfoque tradicional.

Los dos aspectos que son clave para la aplicación exitosa de una simulación son:

1. Identificar cuáles son las distribuciones de probabilidad adecuadas que deben utilizarse para simular cada una de las variables aleatorias del modelo
2. Definir adecuadamente las interdependencias que describen el comportamiento esperado de las variables.

En particular en este trabajo se utilizará la Simulación de Monte Carlo. La metodología de ésta, es:

1. Diseñar el modelo lógico de decisión.
2. Especificar distribuciones de probabilidad para las variables aleatorias relevantes.
3. Incluir posibles dependencias entre variables.
4. Muestrear valores de las variables aleatorias.

5. Calcular el resultado del modelo según los valores del muestreo (iteración) y registrar el resultado.
6. Repetir el proceso hasta tener una muestra estadísticamente representativa.
7. Obtener la distribución de frecuencias del resultado de las iteraciones.
8. Calcular media, desvío y curva de percentiles acumulados.

1.3.1 Métodos de Muestreo

El muestreo es la base de los cientos de miles de escenarios calculados. Cada muestra representa una posible combinación de valores que pueden ocurrir. Escoger el método de muestreo afecta la calidad de los resultados, el número de iteraciones necesarias y el período de tiempo necesario para la simulación.

Monte Carlo

El muestro por Monte Carlo se refiere a la técnica tradicional cuantitativa de usar números aleatorios para el muestreo. Hace uso de la estadística para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento real de los sistemas. El método es aplicable a cualquier tipo de problema ya sea que tenga variables estocásticas o determinísticas².

El término de Monte Carlo se introdujo durante la Segunda Guerra Mundial como un nombre en código para las simulaciones de problemas asociados con el desarrollo de la bomba atómica.

La característica esencial de este método es el uso de técnicas de toma de muestras aleatorias para llegar a la solución del problema. Es más probable que las muestras sean tomadas de áreas donde la distribución tiene mayores probabilidades de ocurrencia.

² Es aquella variable cuyo valor puede ser predicho con exactitud

Cuando el número de iteraciones es relativamente reducido, los resultados obtenidos en la simulación pueden ser muy sensibles a las condiciones iniciales.

Hipercubo latino

El Hipercubo Latino es un desarrollo reciente diseñado para recrear la simulación mediante un número menor de iteraciones. La clave de la técnica es la estratificación de las distribuciones de probabilidad. La estratificación divide la curva acumulativa en intervalos iguales de la escala de probabilidad acumulativa. La muestra es tomada de forma aleatoria de cada uno de los intervalos por lo que se fuerza una muestra que toma valores de cada subintervalo.

Durante la simulación, se toma una muestra de cada subintervalo. El número de estratificaciones es igual al número de iteraciones realizadas. Una vez que se tomó una muestra de un subintervalo, no se toma otra muestra del mismo.

La metodología es:

1. Se segmenta la distribución de probabilidad acumulada $F(x)$ en n intervalos (donde n es el número de iteraciones a realizar)
2. Se genera un número aleatorio que corresponderá a un determinado segmento de $F(x)$.
3. Se genera un segundo número aleatorio para determinar el punto preciso del muestreo dentro de ese intervalo $F(x)$.
4. Se calcula el valor de x correspondiente a la Función Inversa $G(F(x))$.

5. Se repite el proceso en la segunda iteración, pero descartando el segmento ya muestreado.

6. Se repite el proceso hasta completar el número de iteraciones de la muestra.

Es importante mantener la independencia entre las variables; esto se logra seleccionando el intervalo aleatoriamente, es decir la primera variable pudo ser calculada de la 4ª estratificación, la segunda de la 1ª y así sucesivamente, de esta manera se conserva la aleatoriedad e independencia de las variables y evita correlaciones no deseadas.

1.4 @Risk

1.4.1 Descripción General

El Suite Decisión Tools cuenta con diversas herramientas útiles para el análisis de distintos factores de riesgo involucrados en la toma de decisiones. El kit de herramientas incluye:

- @Risk: Análisis de riesgo utilizando simulación
- TopRank: Análisis de sensibilidad
- BestFit: Ajuste de distribuciones de probabilidad
- Precision Tree: Análisis con árboles de decisión y diagramas de influencia

El presente trabajo se enfoca en las aplicaciones de una herramienta en particular, el @Risk.

En una empresa, nosotros somos los expertos en los problemas y situaciones que se quieren analizar. Si uno de esos problemas es sujeto de riesgo, @Risk es una herramienta para construir y completar un modelo lógico.

@Risk funciona como un complemento de las hojas de cálculo estándar de Microsoft Excel; con el uso de estas dos herramientas es posible modelar diferentes situaciones de riesgo, ya que además de las características de Excel, provee las herramientas para modelar, ejecutar y visualizar los resultados de una simulación. Con esta herramienta se pueden definir en las celdas, variables inciertas mediante el uso de distribuciones de probabilidad proporcionadas por el software.

1.4.2 Análisis de Riesgos con @Risk

El Análisis de Riesgos en @Risk es un método cuantitativo que busca determinar los resultados de una situación que tiene factores de incertidumbre como una distribución de probabilidad.

La técnica de @Risk para este proceso sigue los siguientes pasos:

1. Desarrollo del modelo. Definiendo el problema o situación en un formato de hoja de cálculo de Excel.
2. Identificación de la incertidumbre. Reemplazar valores inciertos por distribuciones de probabilidad; estas distribuciones representan una serie de valores en lugar de limitarse a un solo valor. En este paso también se selecciona objetivos, para que los resultados representen los valores que más interesan al analista.
3. Análisis del modelo con Simulación. Esto permite calcular el modelo en varias ocasiones. En cada simulación se toman muestras de valores aleatorios de las funciones introducidas, se ponen en el modelo y se registran los resultados. Este resultado es una visión de los posibles efectos y la probabilidad de que ocurran.
4. Toma de decisiones. Basadas en los resultados y preferencias personales.

1.4.3 Variables y Distribuciones

Las variables son los ingredientes básicos del análisis. Cada situación tiene sus propias variables. Las variables pueden ser dependientes o independientes. Una variable independiente no depende de ninguna otra variable del modelo. Una variable dependiente, en contraste, esta determinada total o parcialmente por una o varias variables del modelo.

Además, las variables pueden ser determinísticas o estocásticas. Si se conocen los valores que las variables tomarán, son determinísticas. Por lo contrario, si no se conocen los valores que tomarán, son variables estocásticas.

Si las variables son inciertas, es necesario describir la naturaleza de la incertidumbre, esto es posible mediante distribuciones de probabilidad, que proporcionan el rango de valores que la variable puede tomar (mínimo y máximo), y la probabilidad de ocurrencia de cada valor.

Una distribución de probabilidad es un mecanismo para presentar el riesgo cuantificado de una variable. Existen muchas formas y tipo de distribuciones, cada una de las cuales describe un rango de posibles valores y su probabilidad de ocurrencia.

Las distribuciones proporcionadas por @Risk son:

Beta	Exponencial	Gamma
Binomial	Ji-cuadrada	Acumulativa
Discreta	Uniforme discreta	Geométrica
Hipergeométrica	Lognormal	Binomial Negativa
Normal	Pareto	Pearson
PERT	Poisson	T de Student
Triangular	Weibull	

Entre otras.

1.4.4 Simulación con @Risk

Una vez que se han determinado los valores inciertos y se definieron las variables de salida, se puede realizar el análisis. La simulación en @Risk es el método donde la distribución de posibles resultados es generada dejando que una computadora recalculé³ los valores una y otra vez, cada vez usando diferentes valores aleatorios de distribuciones de probabilidad.

³ Iteración. Cada cálculo realizado durante la simulación.

La computadora utiliza todas las combinaciones posibles de valores de las variables de entrada para simular las variables de salida.

@Risk utiliza las técnicas de muestreo⁴ de Monte Carlo e Hipercubo Latino; estos difieren en el número de iteraciones requeridas en la simulación para aproximarse al valor. Monte Carlo normalmente requiere un número mayor de iteraciones que el Hipercubo Latino, ya que este último obliga las muestras a acercarse más a la distribución y por lo tanto converge más rápidamente a las estadísticas reales.

Las operaciones de @Risk son:

- Selección de grupos de valores de funciones de probabilidad contenidas en las celdas de la hoja de cálculo.
- Recalcula la hoja de cálculo de Excel usando las nuevas variables.

1.4.5 Interpretación de Resultados

Los resultados de @Risk son presentados en forma de distribuciones de probabilidad de los posibles valores que pueden ocurrir. La persona encargada de la toma de decisiones debe interpretar estas distribuciones y tomar la decisión en base a la interpretación.

En un análisis de un solo resultado, normalmente se compara el valor esperado con un valor estándar o un valor mínimo. Si es al menos igual de bueno que el estándar, el resultado es aceptable.

Sin embargo, este valor esperado no muestra el impacto de la incertidumbre y se tiene que manipular de alguna manera el valor esperado, para que se tome en cuenta el riesgo.

⁴ Selección de valores de las distribuciones

Después de realizar la simulación, los resultados muestran todas las opciones tomando en cuenta los factores de incertidumbre. Como resultado, no solo se comparan los resultados deseados con los no deseados, si no que se puede reconocer que algunos resultados tienen una probabilidad mayor de ocurrencia que otros. Este proceso se puede entender con más facilidad mediante representaciones gráficas de las probabilidades de ocurrencia.

Se debe tomar en cuenta, que la interpretación de resultados depende del individuo que está realizando el análisis, lo que parece correcto para una persona puede no serlo para otra de acuerdo a sus preferencias.

CAPÍTULO 2

PRODUCTOS FINANCIEROS DERIVADOS

2.1 Antecedentes

El principal motivo para el nacimiento de los productos derivados fué la necesidad de reducir la incertidumbre de los acontecimientos futuros. Bajo esta idea, el uso de las opciones como instrumentos financieros se remonta a la época de griegos y romanos, en donde se realizaban contratos de transporte de mercancías y cosechas, estos negocios operaban con cláusulas de contratos de opciones.

El primer mercado¹ de opciones se creó en el siglo XVII en Holanda. En éste se negociaban opciones para la compra y venta de bulbos de Tulipán, estableciendo los precios para una fecha futura. Así, los comerciantes obtenían las mercancías necesarias al precio de compra que se había establecido, con la posibilidad de ofrecer a sus clientes un precio accesible. Por otra parte, los agricultores vendían sus cosechas al precio pactado. Las variaciones en los precios provocaron incumplimientos por parte de los vendedores quienes no pudieron cumplir con los contratos adquiridos, propiciando la quiebra de los especuladores. Por esta razón se difundió en Europa la idea de que estos mercados eran riesgosos, ya que no había legislación que protegiera a los participantes.

¹ Lugar donde se oferta y demanda cierta cantidad de bienes y el precio que adquieren depende de la oferta y la demanda.

En el siglo XVIII, se iniciaron en Inglaterra negociaciones de opciones sobre acciones² de compañías importantes. En 1720, debido a la creciente especulación y la caída de los precios, el mercado de opciones fue cerrado y declarado ilegal hasta su reapertura en el siglo XX. Sin embargo la práctica clandestina de estas operaciones continuó.

El desarrollo de los mercados de derivados modernos fue posible en 1848 con el nacimiento del *Chicago Board of Trade (CBOT)*³, que inició con la incursión de contratos de futuros⁴. Sin embargo, no fue hasta 1968 que este mercado se decide a realizar análisis para la creación del primer mercado de opciones sobre acciones.

Actualmente todos los mercados de derivados están regulados por la *Securities Exchange Commission* y la *Commodity Futures Trading Commission*.

Los derivados sobre subyacentes⁵ mexicanos se empezaron a negociar a finales de 1992, se inició la negociación de opciones sobre ADR's de Telmex L en The Chicago Board Options Exchange. En 1994 se operaban diversas opciones sobre acciones mexicanas en CBOE, AMEX, New York Options Exchange (NYOE), NYSE y PLHX, además de las bolsas de Londres y Luxemburgo.

El contrato de Telmex L resultó uno de los más exitosos de los últimos años. En 1993, en el CBOE, se operaron más de 30 mil millones de dólares en opciones sobre Telmex, importe cercano a 50% de la operación total en acciones en la BMV, durante ese año.

² Títulos que representan parte del capital social de una empresa, son colocados entre el público inversionista a través de las principales Bolsas de Valores del mundo. Su tenencia otorga a su poseedor el derecho de socio

³ Fundado como enlace entre agricultores y comerciantes. En el inicio su principal tarea fue estandarizar cantidades y calidades de cereales. Actualmente ofrece contratos de futuros para diversos subyacentes.

⁴ Contrato por medio del cual se adquiere la obligación de comprar o vender un bien a un precio determinado en una fecha determinada.

⁵ Bien o índice de referencia objeto del contrato. Estos pueden ser acciones individuales, canasta de acciones, instrumentos de deuda, divisas, indicadores como índices o el precio de otro instrumento derivado, metales, petróleo, etc.

2.1.1 Antecedentes en México.

En México, los primeros indicios del mercado de derivados se dieron en 1989 con los Bonos Brady, resultantes de la renegociación de la deuda externa del sector público. Éstos incorporaban una cláusula de recompra que es una opción ligada al precio del petróleo.

A principios de los años 90 se inició la operación de los Warrants⁶. El éxito de estos instrumentos motivó al Consejo de administración de la *Bolsa Mexicana de Valores (BMV)*⁷ a autorizar el presupuesto para desarrollar el mercado de derivados en México. Este mercado promovería el crecimiento y diversificación de los productos listados en la Bolsa Mexicana de Valores, con toda la infraestructura necesaria para su correcto funcionamiento, de acuerdo a los estándares internacionales.

Desde 1994 se trabajó en el diseño del mercado, este contemplaba la creación de una Bolsa nueva, la Cámara de Compensación⁸ y Liquidación. El 16 de mayo de ese mismo año, la *Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV)*⁹ emitió el marco de regulación prudencial que permitía la constitución del *Mercado Mexicano de Derivados (MexDer)* y de su *Cámara de Compensación (Asigna)*¹⁰. Este marco define los esquemas operativos de control de riesgos, supervisión y vigilancia de las actividades del nuevo mercado.

⁶ Instrumento parecido a una opción de compra emitido por una compañía o una institución financiera. Otorga al tenedor el derecho, más no la obligación, de comprar directamente a la compañía emisora. Cada Warrant especifica el número de acciones que se tiene derecho a comprar, el precio de ejercicio y la fecha de expiración.

⁷ Institución sede del mercado de valores mexicano.

⁸ Es la entidad financiera que realiza centralizadamente la garantía del cumplimiento de los derechos para cada uno de los participantes, independientemente de la situación financiera de la contraparte, su tarea principal es llevar un registro de las operaciones realizadas durante la jornada.

⁹ Órgano responsable de la supervisión y regulación de las personas físicas y morales que realizan actividades relativas al sistema financiero mexicano.

¹⁰ Fideicomiso administrado por Bancomer, S.A., cuyo fin es el de compensar y liquidar contratos de futuros y opciones, y actuar como contraparte en cada operación que celebre MexDer.

MexDer y Asigna iniciaron operaciones el 15 de diciembre de 1998, con cuatro socios liquidadores: Banamex, Bancomer, BBV e Inverlat. Listando contratos de futuros sobre subyacentes financieros. Este hecho constituye uno de los avances más significativos en el proceso de desarrollo e internacionalización del Sistema Financiero Mexicano.

MexDer y Asigna, así como sus socios y otros participantes, están regidos por las siguientes disposiciones:

- Reglas a las que habrán de sujetarse las sociedades y fideicomisos que intervengan en el establecimiento y operación de un mercado de futuros y opciones cotizados en Bolsa.
- Disposiciones de carácter prudencial a las que se sujetarán en sus operaciones los participantes en el mercado de futuros y opciones cotizados en Bolsa.
- Reglamento Interior de MexDer y Asigna, así como sus estatutos, manuales de procedimientos y otras disposiciones autorregulatorias.
- Las demás leyes y disposiciones que aplican al Sistema Financiero Mexicano.

2.2 Concepto de Productos Financieros Derivados

Los productos financieros derivados pueden ser definidos como una familia o conjunto de instrumentos financieros, cuya principal característica es que están vinculados al valor subyacente o de referencia. Los principales derivados son los futuros, las opciones, los Warrants, las opciones sobre futuros y los swaps¹¹.

En los últimos 20 años los productos derivados han adquirido una gran importancia en el mundo financiero. Futuros, forwards, opciones, swaps, etc., se intercambian diariamente en múltiples mercados alrededor del mundo por medio de instituciones en lo que es denominado mercado *over the counter*.

Este es un sistema de cotización de valores en donde los participantes negocian directamente entre ellos, sin la intervención de un piso de remates o una bolsa. Las operaciones se realizan a través de redes computarizadas o telefónicas que vinculan entre sí a los agentes de todo el mundo.

Los contratos se hacen entre dos instituciones financieras ó entre una institución financiera y un cliente corporativo. Las instituciones financieras actúan como *creadores de mercado*¹² para los instrumentos que se intercambian comúnmente.

Una ventaja de estos mercados es que los participantes tienen la libertad de negociar cualquier contrato que sea mutuamente atractivo, una desventaja es que hay un riesgo de que el contrato no se lleve a cabo.

¹¹ Acuerdo para intercambiar flujos de efectivo en el futuro de acuerdo a una fórmula predefinida. El intercambio se puede realizar sobre tasas de interés o divisas.

¹² Mejor conocidos como Market Makers. Son negociadores que están dispuestos a cotizar un precio de compra y uno de venta por un mismo activo.

2.2.1 Negociación con derivados

Los tres tipos de negociadores en el mercado son:

- Hedgers. Buscan, mediante transacciones financieras, disminuir o eliminar el riesgo en el mercado en instrumentos o portafolios. La cobertura de los forwards y futuros consiste en la neutralización del riesgo fijando el precio del subyacente. La cobertura de las opciones es una protección para los movimientos desfavorables del mercado.
- Especuladores. Persiguen las ganancias resultantes de los movimientos del mercado. Se basa en suposiciones acerca de los cambios futuros de los precios.
- Arbitrajistas. Su objetivo es obtener ganancias sin riesgo y sin inversión. Para esto realizan transacciones simultáneas en dos o más mercados.

2.3 Swaps

2.3.1 Orígenes del mercado de Swaps

Aunque este producto vino a existir solo en años muy recientes, puede ser relacionado a los años 1800s y la Ley de Ventaja Comparativa de Ricardo. En esencia, esta ley examinaba dos países los cuales producían tela y vino, respectivamente. Si el país A puede producir tela más eficientemente que el país B, entonces tiene una ventaja absoluta en tela sobre el país B. Sin embargo, de acuerdo a la Ley de Ricardo, aún si A tiene una ventaja absoluta en tela y vino sobre B, no hay razón para que los dos no puedan negociar. El país A debe concentrarse en producir el producto en el cual tenga la más grande ventaja comparativa, dejando la producción del otro producto para B. Los dos pueden entonces intercambiar sus abastecimientos en exceso uno con otro, permitiendo a ambos completar sus requerimientos para el producto que no producen- con el resultado neto de que ambos se beneficiarían.

A principios de la década de los años setenta, el incremento drástico en la volatilidad creó un ambiente ideal para la proliferación de instrumentos que eran utilizados por multinacionales para cubrir operaciones de divisas a largo plazo. Debido a esto, el gobierno británico gravó con impuestos las transacciones en divisas incluyendo a su propia moneda con la intención de encarecer la salida de capital, creyendo que esto alentaría la inversión doméstica haciendo que la inversión en el exterior fuese menos atractiva.

El préstamo paralelo llegó a ser un vehículo ampliamente aceptado por medio del cual podía evitar estos impuestos. Este tipo de préstamo involucraba a dos corporaciones domiciliadas en dos diferentes países. Una firma acuerda solicitar fondos en su mercado doméstico y los presta a la otra firma. La segunda firma, solicita fondos en mercado doméstico y los presta a la primera.

Mediante este sencillo acuerdo, cada firma está en posibilidad de tener acceso a mercados de capital en un país diferente al suyo. El préstamo back-to-back era una modificación sencilla del préstamo paralelo, y el swap de divisas fue una extensión del préstamo back-to-back.

Los flujos de efectivo de los swaps iniciales de divisas eran idénticos a aquellos asociados con los préstamos back-to-back. Por esta razón, los swaps iniciales de divisas a menudo eran llamados intercambio de préstamos, pero estos tenían un acuerdo más elaborado.

El primer swap de divisas se cree que fue suscrito en Londres en 1979. Sin embargo, el verdadero swap inicial de divisas, involucró al Banco Mundial y a IBM como contrapartes. El contrato permitió al Banco Mundial obtener francos suizos y marcos alemanes para financiar sus operaciones en Suiza y Alemania del oeste sin necesidad de tener que ir directamente a estos mercados de capital.

Aunque los swaps se originaron a partir de un esfuerzo por controlar el intercambio de divisas, no fue sino mucho tiempo después que se reconocieron los beneficios de reducción de costos y de manejo de riesgos que significaban tales instrumentos. A partir de este momento, el mercado creció rápidamente.

2.3.2 Concepto de Swap

Acuerdo entre dos personas (naturales o jurídicas), llamadas contrapartes, para intercambiar flujos de efectivo por un cierto período.

Los participantes pueden ser un banco y un cliente, ó dos bancos. Dos clientes negociando entre ellos sería muy inusual, aunque podría llegar a ser una posibilidad.

El acuerdo de swaps contiene una especificación acerca de las monedas que se han de intercambiar (que pueden ser o no las mismas), del tipo de cambio¹³, de la tasa de interés aplicable a cada una (que puede ser fija o flotante), del programa en el que se deben hacer los pagos y cualquier otro tipo de disposiciones orientadas a normar las relaciones entre las partes.

El acuerdo especifica todos los flujos de efectivo que serán negociados en el contrato y estipula que la primera contraparte puede quedar relevada de sus obligaciones con la segunda, si ésta no cumple sus obligaciones con la primera. Es importante hacer notar que relevar a una contraparte de sus obligaciones después del incumplimiento de la otra no significa que la contraparte incumplida esté en libertad de hacer cargos por daños a la parte incumplidora.

2.3.3 Fundamentos y estructura general

La viabilidad de las finanzas de los Swaps radica en un número de principios económicos importantes. Los dos más citados son el principio de la ventaja comparativa y el del manejo del riesgo.

- ❖ Principio de la ventaja comparativa. Se identificó hace mucho tiempo como la base teórica del comercio internacional. En el contexto de un mundo que sólo tiene dos bienes económicos, existen ventajas comparativas cuando hay la posibilidad de que ambos países se puedan beneficiar del comercio. El grado en que los beneficios se puedan realizar dependerá de la tasa de intercambio y de los costos de la transacción, ambos conceptos son de suma importancia para la viabilidad de los swaps.

¹³ Número de unidades de una moneda que se puede comprar a cambio de una unidad de otra moneda

- ❖ Manejo del riesgo. Los swaps se utilizan a menudo para cubrir el riesgo de una tasa de interés, de un tipo de cambio, el de los precios de materias primas y el derivado del retorno de una inversión de valores.

La estructura básica de un swap es relativamente simple y es la misma para cualquiera de los tipos de swaps que existen. La aparente complejidad de los swaps radica más en la gran cantidad de documentación que es necesaria para especificar completamente los términos del contrato y de las disposiciones y cláusulas especiales que pueden ser incluidas para ajustar el swap a una necesidad específica.

Todos los swaps están contruidos alrededor de una misma estructura básica. Dos agentes, llamados contrapartes, acuerdan realizar pagos uno al otro sobre la base de algunas cantidades de activos. Estos pagos se conocen como pagos de servicio. Los activos pueden o no intercambiarse y se denominan nocionales. En la forma genérica del swap, el acuerdo establece un intercambio real o hipotético de nocionales a partir del comienzo de un intercambio hasta la terminación. A lo largo de la duración del contrato, los pagos de servicio se harán en intervalos anuales, semestrales, trimestrales o mensuales. Los pagos de servicio comienzan a acumularse a partir de la fecha efectiva y se detienen en la fecha de terminación.

Oferentes

Es muy difícil arreglar un swap directamente entre usuarios finales. Una estructura más eficiente consiste en involucrar a un intermediario financiero que sirve como contraparte en dichos usuarios. El problema de encontrar una parte adecuada se puede resolver mediante el empleo de agentes o corredores de swaps.

- Agentes. Asumen un lado de la transacción - esto se le conoce como posicionamiento de swap -. El agente está listo para adecuar cualquier tipo de cambio o de tasa de interés que el cliente requiera, ofreciéndose él mismo con la contraparte del swap. Con sus servicios como agente, gana un margen de pago-recibo que resulta de la diferencia entre el cupón swap que el agente paga y que el agente recibe.
- Corredores. Adecuan contrapartes sin que ellos mismos se conviertan en participantes, es decir, desempeñan la labor de búsqueda y localización de partes con necesidades no armonizadas, y después negocia con cada una de ellas en beneficio de ambas. Esto lo realizan a cambio de comisiones. Tanto los corredores de swaps como los agentes de swaps facilitan la actividad de swaps haciendo verdaderamente fácil la adecuación o concordancia de las necesidades de los usuarios finales.

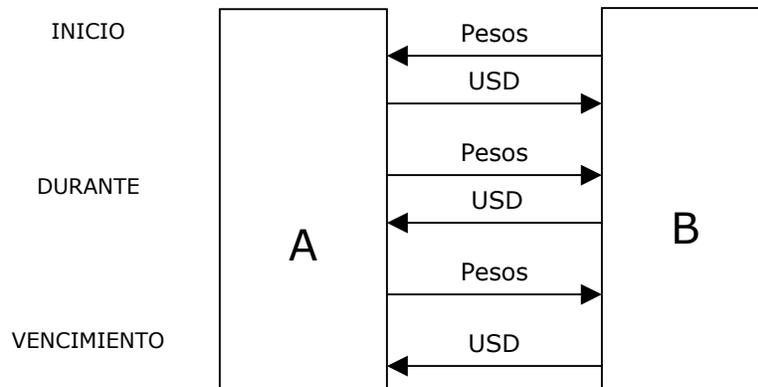
2.3.4 Tipos de Swaps

Swap sobre divisas:

El Swap de divisas en su forma más simple, intercambia el principal y pagos de interés en una divisa, por el principal y pagos de interés en otra divisa.

La estructura básica de un Swap sobre divisas implica tres conjuntos distintos de flujos de efectivo:

- 1.- El intercambio inicial de principales
- 2.- Los pagos de interés realizados en forma recíproca entre cada contraparte
- 3.- El intercambio final, o reintercambio de principales.



Suponga que se tiene un Swap donde A paga pesos y recibe dólares. El principal esta en dólares y se cuenta con los factores de descuento de ambas monedas.

Para el cálculo de los pagos se utilizan factores de descuento; éstos se obtienen a partir de las tasas de interés de los países cuyas divisas participan en el contrato.

$$\text{Factor de descuento (d)} = \frac{1}{1 + \frac{\text{tasa}}{12}}$$

Es necesario establecer la fecha exacta de cada pago y calcular los días que pasan en cada periodo. Los pagos se calculan:

$$p_{1i} = (P) \left(\frac{t_i}{365} \right) (r_1)$$

$$p_{2i} = (P)(s) \left(\frac{t_i}{365} \right) (r_2)$$

Donde:

p_{1i} : pago i en usd $i=1, \dots, n$

p_{2i} : pago i en pesos $i=1, \dots, n$

P: Principal en usd

t_i : días transcurridos en el periodo $i=1, \dots, n$

s: tipo de cambio

r_1 : tasa de interés usd

r_2 : tasa de interés pesos

Después se calcula el valor presente de lo pagado y lo recibido, multiplicando cada uno de los pagos por el factor de descuento correspondiente a la fecha de pago, y a estas cantidades se les suma el pago inicial y el pago final multiplicado por el factor de descuento del último semestre. Para el pago en pesos se utiliza el tipo de cambio correspondiente.

$$\text{VP recibido} = P + (p_{11} * d_{11}) + (p_{12} * d_{12}) + \dots + (p_{1n} * d_{1n}) + (P * d_{1n})$$

$$\text{VP pagado} = (P * s) + (p_{21} * d_{21}) + (p_{22} * d_{22}) + \dots + (p_{2n} * d_{2n}) + (P * s * d_{2n})$$

d_{1i} : factor de descuento en usd para el pago i $i=1, \dots, n$

d_{2i} : factor de descuento en pesos para el pago i $i=1, \dots, n$

Finalmente se realiza la diferencia entre los recibido y lo pagado y ese será el valor del Swap.

$$\text{Valor del Swap} = \text{VP recibido} - \text{VP pagado}$$

Tanto el intercambio inicial de principales, como cualquier reintercambio de ellos, se realizan al tipo de cambio spot prevaleciente en el momento de la contratación.

Los principales son siempre intercambiados al inicio y al vencimiento. Si los montos principales no son intercambiados al inicio, ambas partes experimentarán altos riesgos de tasas en moneda extranjera.

Swaps sobre tasas de interés:

Son normalmente conocidos como "*plain vanilla*". En éste, una compañía acepta pagar flujos de efectivo iguales al interés, en una tasa fija¹⁴ predeterminada sobre un notional¹⁵, por un número determinado de años. A cambio recibe pagos en tasa flotante sobre el mismo periodo. Estos dos pagos se denominan ramas o extremos de swaps. Cuando éstos asumen la forma de sumas de dinero, se les llama principales.

Los agentes regularmente preparan listas de indicativas de precios para uso de su personal en el mercado de capital. Estas listas proporcionan pautas a los agentes y a los que realizan las transacciones para efectuar una valuación de los Swaps, y están actualizadas frecuentemente para considerar las condiciones cambiantes del mercado. Los precios asumen la forma de tasa de interés, llamados cupones de Swaps, y están expresados en términos de puntos base. Cada punto base es 1/100 de 1%.

La tasa flotante en la mayoría de este tipo de Swaps es la London Interbank Offer Rate (LIBOR). Las tasas LIBOR son determinadas por el intercambio entre bancos y cambian constantemente, por lo que la oferta de fondos del mercado interbancario es igual a la demanda de fondos de dicho mercado.

Los Swaps sobre tasa de interés, cuyo precio se ha fijado como un margen sobre instrumentos del Tesoro, suponen pagos de intereses de forma semestral. Cuando el cliente del agente requiere pagos anuales, en oposición a pagos semestrales, el agente debe ajustar la tasa fija de interés para reflejar esta diferencia.

¹⁴ La tasa fija es llamada el cupón de swap

¹⁵ Pagos calculados sobre la base de cantidades hipotéticas de activos subyacentes

La lista indicativa de precios supone que:

- 1.- El principal del Swap es no amortizable
- 2.- Los pagos se tienen que hacer semestralmente
- 3.- El Swap está en el mercado
- 4.- La tasa variable es LIBOR a seis meses

Una explicación común para entender la popularidad de los Swaps es el argumento de la ventaja comparativa. Una compañía puede tener ventaja comparativa en mercados de tasa fija, mientras que otras pueden tenerla en mercados de tasa flotante, por lo que, si se tiene ventaja comparativa en tasa fija, lo más conveniente sería otorgar préstamos a tasa fija cuando se quiere flotante, y viceversa.

1.3.5 Variantes de los Swaps

La estructura original del Swap, conocida ahora como plan vainilla, ha hecho surgir, literalmente, a cientos de variantes distintas. A menudo las variantes se pueden crear mediante la combinación de los demás Swaps.

Las más importantes son:

- Swaps amortizables y acumulables: Los Swaps amortizables son Swaps cuyo principal está reducido o concentrado en uno o más puntos en el tiempo, previos al vencimiento del Swap. Los Swaps acumulables son aquellos en los que el principal es incrementado en uno o más puntos del tiempo, previo al vencimiento del mismo. Ambos tipos de Swaps requieren un calendario separado estipulando la amortización o acumulación de todas principales.
- Swaptions: Las llamadas swaptions son opciones sobre Swaps. Esto es, le da el derecho, no la obligación, de entrar en un Swap durante algún período de tiempo.

- Swaps sobre materias primas: En este tipo de Swaps, la primera contraparte realiza pagos periódicos a la segunda a un precio unitario fijo por una cantidad nominal de alguna materia prima. La segunda contraparte paga a la primera a un precio unitario variable por una cantidad nominal dada de alguna materia prima. Las materias primas pueden ser iguales o diferentes. No se dan intercambios de las materias primas de referencia entre las contrapartes del Swap. Todos los intercambios de materias primas, si es que existe alguno, tienen lugar en los mercados de contado.

- Swap sobre valores accionarios: Como en cualquier otra estructura básica, un Swap sobre valores accionarios implica un principal referencia, una vigencia específica, intervalos de pago preestablecidos, una tasa fija y una tasa flotante vinculada a algún índice determinado. El cambio novedoso a este tipo de Swaps es que la tasa flotante está vinculada al rendimiento total de algún índice accionario. El rendimiento total incluye tanto los dividendos como la apreciación de las acciones. Este puede ser un índice de acciones de base amplia.

1.3.6 Aplicación de @Risk en la valuación de un Swap

A y B entran en un contrato Swap sobre divisas. A recibirá 8% semestralmente en dólares y pagará 5% semestralmente en pesos. La duración del contrato es 3 años, el tipo de cambio al inicio del contrato es de 11 pesos / dólar. El principal es de 10 millones de dólares.

Datos:

A paga pesos, recibe dólares	
Período	3 años
Periodicidad de los pagos	Semestral
Principal	10,000,000.00 usd
Interés	8% usd
	5% pesos
Tipo de cambio	\$11

Para obtener los factores de descuento que serán aplicados, es necesario hacer un proceso para predecir las tasas de interés tanto estadounidenses como mexicanas, para esto se cuenta con datos históricos desde enero de 1996, hasta enero de 2006, de la tasa de los T-bonds¹⁶ y de los Cetes¹⁷ mexicanos.

Algunas de estas tasas son:

¹⁶ Treasury Bonds. Bonos del tesoro de Estados Unidos generalmente a 10 y 30 años emitidos por el departamento del tesoro de Estados Unidos.

¹⁷ Títulos de crédito al portador denominados en moneda nacional, emitidos por el Gobierno Federal, en los cuales se consigna la obligación de éste a pagar su valor nominal al vencimiento. Se emiten a 28, 91, 182 y 364 días.

Fecha	T-Bonds
Ene-1996	0.05985
Feb-1996	0.06265
Mar-1996	0.0655
Abr-1996	0.0677
May-1996	0.06955
Jun-1996	0.0696
Jul-1996	0.0694
Ago-1996	0.0703
Sep-1996	0.07035
Oct-1996	0.06785
Nov-1996	0.06485
Dic-1996	0.06505
Ene-2005	0.04725
Feb-2005	0.0464
Mar-2005	0.0474
Abr-2005	0.04635
May-2005	0.04425
Jun-2005	0.04265
Jul-2005	0.0434
Ago-2005	0.04375
Sep-2005	0.04425
Oct-2005	0.0466
Nov-2005	0.0472
Dic-2005	0.04615
Ene-2006	0.04635

Fecha	Cetes
Ene-1996	0.409925
Feb-1996	0.38584
Mar-1996	0.414475
Abr-1996	0.352075
May-1996	0.2845
Jun-1996	0.2781
Jul-1996	0.312525
Ago-1996	0.26506
Sep-1996	0.246475
Oct-1996	0.25748
Nov-1996	0.295675
Dic-1996	0.272325
Ene-2005	0.086025
Feb-2005	0.091475
Mar-2005	0.09408
Abr-2005	0.09625
May-2005	0.0975
Jun-2005	0.09626
Jul-2005	0.096125
Ago-2005	0.09595
Sep-2005	0.09214
Oct-2005	0.089075
Nov-2005	0.08705
Dic-2005	0.08222
Ene-2006	0.0788

Con estos datos se ejecuta una regresión, siendo la variable dependiente la tasa de interés del periodo actual y la variable independiente la tasa de interés del último periodo (denominado tasa con atraso).

Los resultados de la regresión para los T-bonds son:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Resumen								
2									
3	<i>Estadísticas de la regresión</i>								
4	Coefficiente de correlación múltiple	0.974818944							
5	Coefficiente de determinación R^2	0.950271974							
6	R^2 ajustado	0.94985055							
7	Error típico	0.001624714							
8	Observaciones	120							
9									
10	ANÁLISIS DE VARIANZA								
11		<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
12	Regresión	1	0.00595227	0.00595227	2254.907375	9.45013E-79			
13	Residuos	118	0.000311484	2.6397E-06					
14	Total	119	0.006263754						
15									
16		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
17	Intercepción	0.000975914	0.001162526	0.839477139	0.402899168	-0.001326203	0.003278031	-0.001326203	0.003278031
18	Variable X 1	0.980508643	0.020648432	47.485865	9.45013E-79	0.939619127	1.021398159	0.939619127	1.021398159
19									
20									
21									

Y para cetes:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Resumen								
2									
3	<i>Estadísticas de la regresión</i>								
4	Coefficiente de correlación múltiple	0.962834946							
5	Coefficiente de determinación R^2	0.927051132							
6	R^2 ajustado	0.926438117							
7	Error típico	0.023884772							
8	Observaciones	121							
9									
10	ANÁLISIS DE VARIANZA								
11		<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
12	Regresión	1	0.862728787	0.862728787	1512.279607	1.69443E-69			
13	Residuos	119	0.067887397	0.000570482					
14	Total	120	0.930616184						
15									
16		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
17	Intercepción	0.007525524	0.004257701	1.767508973	0.079706207	-0.000905148	0.015956197	-0.000905148	0.015956197
18	Variable X 1	0.932652095	0.023983006	38.88803939	1.69443E-69	0.885163348	0.980140843	0.885163348	0.980140843
19									

Con los valores de la ordenada al origen (b) y la pendiente de la recta de regresión (m), se obtiene la ecuación con la que se calculan los valores predichos de las tasas de interés. Posteriormente los residuales, restando la tasa real y la tasa predicha.

Para saber si los residuales son verdaderamente aleatorios y pueden ser utilizados en el problema, se plantea el siguiente modelo:

Si se tienen n observaciones en la regresión, el número de cambios de signo debe ser mayor que la mitad del total de los datos, es decir, debe aproximarse a $\frac{n-1}{2} - \sqrt{n-1}$. Si los residuales cambian de signo mucho menos que la mitad de las veces, la regresión exhibe probablemente una autocorrelación positiva y no debe ser utilizada.

Si la primera regresión genera este tipo de autocorrelación, entonces se corre otra regresión siendo la variable dependiente la tasa de interés del periodo actual y las variables independientes las tasas de interés de uno y dos periodos atrás. Este proceso continúa hasta que deje de encontrarse la autocorrelación positiva.

En el ejemplo se cuenta con 121 datos, por lo que el número de cambios de signo no debe ser menor que $\frac{121-1}{2} - \sqrt{121-1} = 49$

En el caso de los Cetes se tienen 54 cambios de signo, por lo que la regresión puede ser utilizada.

Fecha	Cetes	Atraso	Predicción	Residuales	Cambios de signo
Ene-1996	0.409925				
Feb-1996	0.38584	0.409925	0.389842934	-0.0040029	
Mar-1996	0.414475	0.38584	0.367380009	0.04709499	1
Abr-1996	0.352075	0.414475	0.394086501	-0.0420115	1
May-1996	0.2845	0.352075	0.335889011	-0.051389	0
Jun-1996	0.2781	0.2845	0.272865045	0.00523495	1
Jul-1996	0.312525	0.2781	0.266896072	0.04562893	0
Ago-1996	0.26506	0.312525	0.29900262	-0.0339426	1
Sep-1996	0.246475	0.26506	0.254734289	-0.0082593	0
Oct-1996	0.25748	0.246475	0.237400949	0.02007905	1
Nov-1996	0.295675	0.25748	0.247664786	0.04801021	0
Dic-1996	0.272325	0.295675	0.283287432	-0.0109624	1
Ene-1997	0.23554	0.272325	0.261510006	-0.02597	0
Feb-1997	0.197975	0.23554	0.227202399	-0.0292274	0
Mar-1997	0.21655	0.197975	0.192167323	0.02438268	1

Fecha	Cetes	Atraso	Predicción	Residuales	Cambios de signo
Ene-2005	0.086025	0.08502	0.086819605	-0.0007946	1
Feb-2005	0.091475	0.086025	0.087756921	0.00371808	1
Mar-2005	0.09408	0.091475	0.092839875	0.00124013	0
Abr-2005	0.09625	0.09408	0.095269433	0.00098057	0
May-2005	0.0975	0.09625	0.097293288	0.00020671	0
Jun-2005	0.09626	0.0975	0.098459103	-0.0021991	1
Jul-2005	0.096125	0.09626	0.097302615	-0.0011776	0
Ago-2005	0.09595	0.096125	0.097176707	-0.0012267	0
Sep-2005	0.09214	0.09595	0.097013493	-0.0048735	0
Oct-2005	0.089075	0.09214	0.093460088	-0.0043851	0
Nov-2005	0.08705	0.089075	0.09060151	-0.0035515	0
Dic-2005	0.08222	0.08705	0.088712889	-0.0064929	0
Ene-2006	0.0788	0.08222	0.084208179	-0.0054082	0

54

En los T-bonds hay únicamente 38 cambios de signo:

Fecha	T-Bonds	Atraso	Predicción	Residual	Cambios de signo
Ene-1996	0.05985				
Feb-1996	0.06265	0.05985	0.059659356	0.0029906	
Mar-1996	0.0655	0.06265	0.06240478	0.0030952	0
Abr-1996	0.0677	0.0655	0.06519923	0.0025008	0
May-1996	0.06955	0.0677	0.067356349	0.0021937	0
Jun-1996	0.0696	0.06955	0.06917029	0.0004297	0
Jul-1996	0.0694	0.0696	0.069219315	0.0001807	0
Ago-1996	0.0703	0.0694	0.069023213	0.0012768	0
Sep-1996	0.07035	0.0703	0.069905671	0.0004443	0
Oct-1996	0.06785	0.07035	0.069954697	-0.002105	1
Nov-1996	0.06485	0.06785	0.067503425	-0.002653	0
Dic-1996	0.06505	0.06485	0.064561899	0.0004881	1
Ene-2005	0.04725	0.0491	0.049118888	-0.001869	0
Feb-2005	0.0464	0.04725	0.047304947	-0.000905	0
Mar-2005	0.0474	0.0464	0.046471515	0.0009285	1
Abr-2005	0.04635	0.0474	0.047452023	-0.001102	1
May-2005	0.04425	0.04635	0.046422489	-0.002172	0
Jun-2005	0.04265	0.04425	0.044363421	-0.001713	0
Jul-2005	0.0434	0.04265	0.042794607	0.0006054	1
Ago-2005	0.04375	0.0434	0.043529989	0.00022	0
Sep-2005	0.04425	0.04375	0.043873167	0.0003768	0
Oct-2005	0.0466	0.04425	0.044363421	0.0022366	0
Nov-2005	0.0472	0.0466	0.046667616	0.0005324	0
Dic-2005	0.04615	0.0472	0.047255922	-0.001106	1
Ene-2006	0.04635	0.04615	0.046226387	0.0001236	1

38

Por lo que es necesario realizar la regresión nuevamente con dos periodos de atraso.

Los resultados de la segunda regresión son:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Resumen								
2									
3	<i>Estadísticas de la regresión</i>								
4	Coefficiente de correlación múltiple	0.979611716							
5	Coefficiente de determinación R ²	0.959639114							
6	R ² ajustado	0.958943237							
7	Error típico	0.001470576							
8	Observaciones	119							
9									
10	ANÁLISIS DE VARIANZA								
11		<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
12	Regresión	2	0.005964581	0.00298229	1379.034859	1.39869E-81			
13	Residuos	116	0.000250861	2.16259E-06					
14	Total	118	0.006215442						
15									
16		<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
17	Intercepción	0.001833099	0.00106487	1.721429795	0.087838641	-0.00027601	0.003942207	-0.00027601	0.003942
18	Variable X 1	1.375100133	0.083325957	16.5026624	3.22604E-32	1.210062582	1.540137684	1.210062582	1.540137
19	Variable X 2	-0.409556702	0.083860649	-4.883776895	3.36039E-06	-0.57565328	-0.243460125	-0.57565328	-0.243460

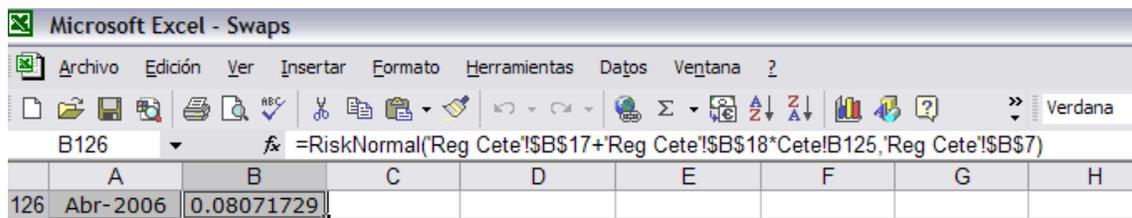
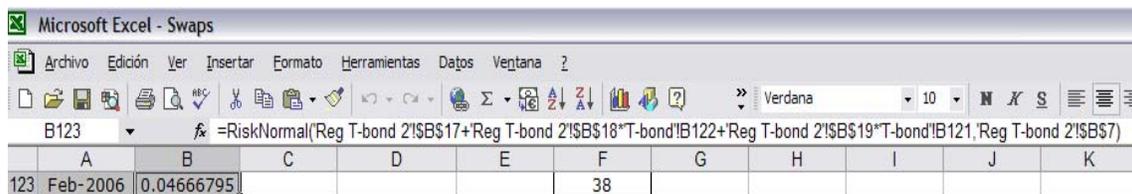
Con esta segunda regresión se obtienen 56 cambios de signo, por lo que de acuerdo al modelo propuesto, los residuales son aleatorios y es posible utilizar los datos.

Fecha	T-Bonds	Atraso	Atraso -2	Predicción 2	Residual 2	Cambios de signo
Ene-1996	0.05985					
Feb-1996	0.06265	0.05985				
Mar-1996	0.0655	0.06265	0.05985	0.063471153	0.0020288	
Abr-1996	0.0677	0.0655	0.06265	0.06624343	0.0014566	0
May-1996	0.06955	0.0677	0.0655	0.068101414	0.0014486	0
Jun-1996	0.0696	0.06955	0.0677	0.069744324	-0.000144	1
Jul-1996	0.0694	0.0696	0.06955	0.069055399	0.0003446	1
Ago-1996	0.0703	0.0694	0.0696	0.068759901	0.0015401	0
Sep-1996	0.07035	0.0703	0.0694	0.070079403	0.0002706	0
Oct-1996	0.06785	0.07035	0.0703	0.069779557	-0.00193	1
Nov-1996	0.06485	0.06785	0.07035	0.066321329	-0.001471	0
Dic-1996	0.06505	0.06485	0.06785	0.06321992	0.0018301	1
Ene-2005	0.04725	0.0491	0.0491	0.049241281	-0.001991	0
Feb-2005	0.0464	0.04725	0.0491	0.046697346	-0.000297	0
Mar-2005	0.0474	0.0464	0.04725	0.046286191	0.0011138	1
Abr-2005	0.04635	0.0474	0.0464	0.048009414	-0.001659	1
May-2005	0.04425	0.04635	0.0474	0.046156002	-0.001906	0
Jun-2005	0.04265	0.04425	0.04635	0.043698326	-0.001048	0

Fecha	T-Bonds	Atraso	Atraso -2	Predicción 2	Residual 2	Cambios de signo
Ago-2005	0.04375	0.0434	0.04265	0.044044851	-0.000295	1
Sep-2005	0.04425	0.04375	0.0434	0.044218968	3.103E-05	1
Oct-2005	0.0466	0.04425	0.04375	0.044763174	0.0018368	0
Nov-2005	0.0472	0.0466	0.04425	0.047789881	-0.00059	1
Dic-2005	0.04615	0.0472	0.0466	0.047652482	-0.001502	0
Ene-2006	0.04635	0.04615	0.0472	0.045962893	0.0003871	1
						56

Con estos datos se puede modelar las tasas futuras, utilizando la función RiskNormal con parámetros:

- La desviación estándar obtenida de la regresión.
- Media:
 - $b+(m1*\text{tasa mes } t-1)+ (m2*\text{ tasa mes } t-2)$ para los T-bonds
 - $b+(m1*\text{tasa mes } t-1)$ para los Cetes



Las tasas predichas son:

Fecha	T-Bonds
Feb-2006	0.04666795
Mar-2006	0.04702325
Abr-2006	0.0473816
May-2006	0.04772886
Jun-2006	0.04805961
Jul-2006	0.04837219
Ago-2006	0.04866658
Sep-2006	0.04894336
Oct-2006	0.04920339
Nov-2006	0.04944761
Dic-2006	0.04967694
Ene-2007	0.04989226
Feb-2007	0.05009443
Mar-2007	0.05028424
Abr-2007	0.05046246
May-2007	0.05062979
Jun-2007	0.05078689
Jul-2007	0.05093438

Fecha	T-Bonds
Ago-2007	0.05107287
Sep-2007	0.05120289
Oct-2007	0.05132496
Nov-2007	0.05143957
Dic-2007	0.05154718
Ene-2008	0.05164821
Feb-2008	0.05174307
Mar-2008	0.05183213
Abr-2008	0.05191574
May-2008	0.05199425
Jun-2008	0.05206795
Jul-2008	0.05213716
Ago-2008	0.05220213
Sep-2008	0.05226313
Oct-2008	0.05232041
Nov-2008	0.05237418
Dic-2008	0.05242467
Ene-2009	0.05247207

Fecha	Cetes
Feb-2006	0.076075
Mar-2006	0.07847703
Abr-2006	0.08071729
May-2006	0.08280668
Jun-2006	0.08475534
Jul-2006	0.08657277
Ago-2006	0.0882678
Sep-2006	0.08984868
Oct-2006	0.09132308
Nov-2006	0.09269819
Dic-2006	0.09398068
Ene-2007	0.0951768
Feb-2007	0.09629237
Mar-2007	0.0973328
Abr-2007	0.09830317
May-2007	0.09920818
Jun-2007	0.10005224

Fecha	Cetes
Jul-2007	0.10083946
Ago-2007	0.10157365
Sep-2007	0.10225841
Oct-2007	0.10289704
Nov-2007	0.10349266
Dic-2007	0.10404817
Ene-2008	0.10456627
Feb-2008	0.10504948
Mar-2008	0.10550014
Abr-2008	0.10592045
May-2008	0.10631245
Jun-2008	0.10667806
Jul-2008	0.10701904
Ago-2008	0.10733705
Sep-2008	0.10763365
Oct-2008	0.10791027
Nov-2008	0.10816827
Dic-2008	0.10840889
Ene-2009	0.1086333

Ahora es posible simular el Swap. Se obtiene el factor de descuento tanto de los Cetes como de los T-Bonds

Mes	Tasa interés en usd	Tasa interés en pesos	Factor de descuento usd	Factor de descuento pesos
01-Nov-05	0.0472	0.08705		
01-Dic-05	0.04615	0.08222		
01-Ene-06	0.04635	0.0788	0.996152362	0.993476173
01-Feb-06	0.046667948	0.076075	0.99612607	0.993700354
01-Mar-06	0.047023247	0.078477032	0.996096692	0.993502738
01-Abr-06	0.047381601	0.080717293	0.996067062	0.993318502
01-May-06	0.047728858	0.082806676	0.996038352	0.993146735
01-Jun-06	0.048059605	0.084755344	0.996011009	0.99298659
01-Jul-06	0.048372195	0.086572774	0.995985168	0.992837277
01-Ago-06	0.048666576	0.088267803	0.995960833	0.99269806
01-Sep-06	0.048943357	0.089848675	0.995937954	0.992568255
01-Oct-06	0.049203393	0.091323079	0.995916461	0.992447222
01-Nov-06	0.049447611	0.092698185	0.995896276	0.992334367
01-Dic-06	0.049676936	0.093980681	0.995877322	0.992229136
01-Ene-07	0.049892259	0.095176803	0.995859527	0.992131012
01-Feb-07	0.050094429	0.096292369	0.995842819	0.992039514
01-Mar-07	0.050284245	0.097332804	0.995827132	0.991954193
01-Abr-07	0.050462461	0.098303168	0.995812405	0.991874632
01-May-07	0.050629786	0.099208179	0.995798578	0.99180044
01-Jun-07	0.050786885	0.10005224	0.995785596	0.991731255
01-Jul-07	0.050934383	0.100839456	0.995773408	0.991666739
01-Ago-07	0.051072866	0.101573654	0.995761965	0.991606575
01-Sep-07	0.051202885	0.102258405	0.995751222	0.991550469
01-Oct-07	0.051324958	0.10289704	0.995741136	0.991498148
01-Nov-07	0.051439571	0.103492664	0.995731666	0.991449355
01-Dic-07	0.051547179	0.104048174	0.995722775	0.991403853
01-Ene-08	0.05164821	0.104566272	0.995714428	0.991361419
01-Feb-08	0.051743066	0.105049477	0.995706591	0.991321847
01-Mar-08	0.051832125	0.105500139	0.995699233	0.991284942
01-Abr-08	0.051915741	0.105920449	0.995692325	0.991250525
01-May-08	0.051994247	0.106312453	0.995685839	0.991218428
01-Jun-08	0.052067955	0.106678056	0.995679749	0.991188495
01-Jul-08	0.052137158	0.107019037	0.995674032	0.991160579
01-Ago-08	0.052202131	0.107337053	0.995668664	0.991134545
01-Sep-08	0.052263134	0.107633652	0.995663625	0.991110265
01-Oct-08	0.052320408	0.107910275	0.995658893	0.991087622
01-Nov-08	0.052374182	0.108168268	0.995654451	0.991066504
01-Dic-08	0.052424669	0.108408886	0.99565028	0.99104681
01-Ene-09	0.052472071	0.108633299	0.995646364	0.991028443

Se calculan los pagos semestrales en pesos y en dólares, tomando en cuenta los días transcurridos desde el inicio hasta el final del semestre y las tasas pactadas al inicio del swap. Para obtener los pagos en pesos se convierte el principal de 10 000 000 de usd al tipo de cambio dado.

Por ejemplo, el primer pago en pesos será:

$$= 1000000 * 11 * \frac{181}{365} * 0.05 = 2772627.05$$

y el primer pago en dólares

$$= 10000000 * \frac{181}{365} * 0.08 = 396712.33$$

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Swaps". The active cell is D54, containing the formula $=(\$B\$6*H54)*(C54/365)*B8$. The table below is a payment schedule with columns for payment number, date, days elapsed, payment in pesos, payment in USD, discount factor in pesos, discount factor in USD, and exchange rate.

	A	B	C	D	E	F	G	H
52								
53		Fecha de pago	Días transcurridos	Pago\$	Pago usd	Factor descuento pesos	Factor descuento usd	Tipo de cambio
54	Pago 1	01-Jul-06	181	2,727,397.26	396,712.33	0.99283728	0.99598517	\$11
55	Pago 2	01-Ene-07	183	2,757,534.25	401,095.89	0.99213101	0.99585953	\$11
56	Pago 3	01-Jul-07	181	2,727,397.26	396,712.33	0.99166674	0.99577341	\$11
57	Pago 4	01-Ene-08	183	2,757,534.25	401,095.89	0.99136142	0.99571443	\$11
58	Pago 5	01-Jul-08	182	2,742,465.75	398,904.11	0.99116058	0.99567403	\$11
59	Pago 6	01-Ene-09	183	2,757,534.25	401,095.89	0.99102844	0.99564636	\$11

Después se calcula el valor presente de lo pagado y lo recibido, multiplicando cada uno de los pagos por el factor de descuento correspondiente a la fecha de pago, y a estas cantidades se les suma el pago inicial y el pago final multiplicado por el factor de descuento del último semestre. Para el pago en pesos se utiliza el tipo de cambio correspondiente.

Microsoft Excel - Swaps

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

B63 $= (D54 * F54) + (D55 * F55) + (D56 * F56) + (D57 * F57) + (D58 * F58) + (D59 * F59) + (\$B\$6 * B9) + (\$B\$6 * B9 * F59)$

	A	B	C	D	E	F	G	H
52								
		Fecha de pago	Días transcurridos	Pago\$	Pago usd	Factor descuento pesos	Factor descuento usd	Tipo de cambio
54	Pago 1	01-Jul-06	181	2,727,397.26	396,712.33	0.99283728	0.99598517	\$11
55	Pago 2	01-Ene-07	183	2,757,534.25	401,095.89	0.99213101	0.99585953	\$11
56	Pago 3	01-Jul-07	181	2,727,397.26	396,712.33	0.99166674	0.99577341	\$11
57	Pago 4	01-Ene-08	183	2,757,534.25	401,095.89	0.99136142	0.99571443	\$11
58	Pago 5	01-Jul-08	182	2,742,465.75	398,904.11	0.99116058	0.99567403	\$11
59	Pago 6	01-Ene-09	183	2,757,534.25	401,095.89	0.99102844	0.99564636	\$11
60								
61								
62		Pesos	USD					
63	VP de lo pagado en pesos	235,346,226.62	21,395,111.51					

Para obtener el valor del swap se hace la diferencia entre lo pagado y lo recibido en dólares. Este valor se define como variable de salida y se corre la simulación con 10 000 iteraciones.

Microsoft Excel - Swaps

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos

C65 $= \text{RiskOutput}(\text{"Valor swap"}) + C64 - C63$

	A	B	C
61			
62		Pesos	USD
63	VP de lo pagado en pesos	235,346,226.62	21,395,111.51
64	VP de lo recibido en USD	245,761,549.93	22,341,959.08
65	Valor swap		946,847.57
66			

El valor medio obtenido por la simulación será el valor del swap:

Detailed Statistics	
Name	Valor swap
Description	Output
Cell	Swaps sin tipo de cambio
Minimum	725049.1
Maximum	1170121
Mean	946813.9
Std Deviation	58339.41
Variance	3.403487E+09
Skewness	-4.956296E-02
Kurtosis	3.009506
Errors Calculated	0
Mode	960714.4
5% Perc	849549.2
10% Perc	870511.9
15% Perc	886628.8

El valor del Swap es de 946 813.90 usd

Esta es la ganancia, ya que representa la diferencia entre lo recibido y lo pagado.

1.4 Opciones

2.4.1 Orígenes de las Opciones

El mercado moderno para el manejo de opciones inició en la *Put and Call Brokers and Dealers Association*, pero no desarrolló un mercado secundario ni contaba con mecanismos que aseguraran el cumplimiento de las partes.

El 26 de abril de 1973 comienza a operar el *Chicago Board Options Exchange (CBOE)*, como el primer mercado formal en el mundo, con el objetivo de negociar opciones sobre acciones de empresas que cotizaban en la bolsa¹⁸. En el primer día de operación se negociaron 911 contratos de compra sobre 16 acciones que cotizaban en el *New York Stock Exchange (NYSE)*. Hasta el año de 1977 se negociaron las primeras opciones de venta.

En mayo de 1973, a pesar de haber sido rechazado por una gran cantidad de periódicos, se publicó el modelo *Black & Scholes*, uno de los más importantes para la valuación de estos instrumentos.

Dos años más tarde, se comenzaron a negociar opciones en *The American Stock Exchange (AMEX)* y en *The Philadelphia Stock Exchange (PHLX)*, éste es en la actualidad, el principal mercado organizado de opciones sobre divisas¹⁹. En 1976 se incorporó *The Pacific Stock Exchange (PSE)*.

¹⁸ Institución responsable de proporcionar la infraestructura, la supervisión y los servicios necesarios para la realización de los procesos de emisión, colocación e intercambio de valores, títulos y de otros instrumentos financieros. También hace pública la información bursátil, realiza el manejo administrativo de las operaciones y supervisa las actividades de las empresas emisoras y casas de bolsa.

¹⁹ Medio de cambio cifrado en una moneda extranjera.

En la década de los 80's el mercado de opciones tuvo un desarrollo tan considerable que para finales de esa década, el volumen de acciones en los contratos de opciones vendidos, superaba a las acciones negociadas en el *New York Stock Exchange (NYSE)*.

En México, la creación del Mercado de Derivados listados, inició en 1994 cuando la BMV y la S.D. Indeval asumieron el compromiso de crear este mercado. La BMV financió el proyecto de crear la bolsa de opciones y futuros que se denomina MexDer, Mercado Mexicano de Derivados, S.A. de C.V. Por su parte Indeval tomó la responsabilidad de promover la creación de la cámara de compensación de derivados que se denomina Asigna, Compensación y Liquidación, realizando las erogaciones correspondientes desde 1994 hasta las fechas de constitución de las empresas.

El 2 de septiembre de 2003, MexDer publica los términos y condiciones generales de contratación de opciones, así como los principales contratos sobre los que iniciará operaciones.

El 10 de marzo de 2004 la Secretaría de Hacienda y Crédito Público autoriza el contrato para la operación de opciones sobre acciones de América Móvil y el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC). El 15 de marzo de ese mismo año, se listan los contratos de opción, así como las tarifas y comisiones por concepto de operación. En noviembre²⁰ MexDer da a conocer las tarifas y comisiones aplicables a los contratos de opción sobre los títulos referidos a acciones (Trac's) de NASDAQ-100 Index Tracking Stock QQQ.

En el año 2005 Trading Opciones y Futuros S.A. de C.V. fue aprobada para actuar bajo la modalidad de operador²¹. A finales de ese año la Secretaría de Hacienda y Crédito Público emite la autorización para listar contratos de opción sobre dólar²².

²⁰ 1 de noviembre de 2004

²¹ 21 de enero de 2005

²² 19 de diciembre de 2005

El 27 de julio de 2006, MexDer listó por primera vez opciones sobre el Dólar

Actualmente los contratos de opción listados en MexDer son:

Tipos	Contratos
Índices	Índices de Precios y Cotizaciones de la BMV (IPC)
Acciones	América Móvil L
	Naftrac 02 ²³
	Nasdaq 100-Index Tracking Stocks
Divisas	iShares S&P 500 Index
	Dólar de los Estados Unidos de América

2.4.2 Concepto de Opción

Las opciones son contratos estandarizados en donde el comprador, mediante el pago de una prima²⁴ adquiere el derecho, más no la obligación, de comprar o vender un bien subyacente a un precio convenido en una fecha determinada. Por otro lado la contraparte se obliga a vender o comprar (según corresponda) el activo al precio pactado.

Las opciones son un ejemplo de una clase más amplia de activos llamados derechos contingentes, éstos son activos cuyo pago futuro depende del resultado de un evento incierto.

Existen muchas clases de contratos de opción: opciones de acciones, opciones de tasas de interés, opciones de divisas y opciones de commodities que se negocian tanto dentro como fuera de las bolsas organizadas alrededor del mundo.

²³ Certificados de participación ordinaria que representan parte de las acciones relativas a fideicomisos que pretenden reproducir el rendimiento del IPC.

²⁴ Precio que se paga por adquirir la opción.

Las opciones negociadas en la bolsa tienen términos estándar definidos por el organismo encargado de regular estos mecanismos. Ésta pone de acuerdo a compradores y vendedores y garantiza el pago en caso de que cualquiera de las partes no cumpla, las opciones que no se negocian en la bolsa se conocen como opciones extrabursátiles.

Los poseedores de las opciones pueden elegir si ejercen o no su derecho (*Posición Larga*²⁵), mientras que los emisores²⁶ están obligados a cumplir con lo estipulado, si así lo desean los compradores (*Posición Corta*²⁷).

Las Opciones proveen un seguro al tenedor, ya que lo protege de fluctuaciones en los precios del bien en el futuro pero manteniendo la posibilidad de beneficio si se presentan movimientos favorables. Una Opción también puede ser utilizada para especulaciones, es decir, para tratar de obtener una ganancia cuando el inversionista considera que se va a presentar un movimiento favorable de los precios.

Los componentes de los contratos de Opciones son:

- ✓ *Bien subyacente*. Bien o índice de referencia objeto del contrato. Estos pueden ser acciones individuales, canasta de acciones, instrumentos de deuda, divisas, indicadores como índices o el precio de otro instrumento derivado, metales, petróleo
- ✓ *Strike o Precio de Ejercicio (K)*. Precio pactado al inicio del contrato
- ✓ *Fecha de expiración o Maturity (T)*. Fecha de vencimiento del contrato.
- ✓ *Precio del bien subyacente a la fecha de vencimiento (S(T))*.
- ✓ *Precio del bien subyacente en la fecha actual (S(t))*.
- ✓ *Payoff*²⁸. Pago resultante neto que recibe el poseedor de la opción.

²⁵ El tenedor tiene el derecho, mas no la obligación de comprar o vender el bien subyacente

²⁶ El que suscribe la Opción

²⁷ El emisor tiene la obligación de comprar o vender el bien subyacente, si la contraparte lo desea.

²⁸ Ver diagramas de pago

- ✓ Tasa de interés libre de riesgo (r). Esta tasa es continua. r es la tasa nominal de interés, no la tasa real. Se supone $r > 0$.
- ✓ Volatilidad (σ). Es la medida de la incertidumbre del movimiento de los precios

Las Opciones se pueden clasificar de acuerdo al tiempo en que se puede ejercer el derecho que ellas otorgan:

- Opción Americana (C, P). Se puede ejercer durante el período hábil comprendido entre el momento de efectuar el contrato y la fecha de vencimiento.
- Opción Europea (c, p). Solo se puede ejercer en la fecha de vencimiento.

2.4.3 Tipos de opciones

- ❖ Opción de compra. Un *Call*, le otorga al propietario el derecho, pero no la obligación, de comprar un bien subyacente en una fecha determinada al precio pactado.
- ❖ Opción de Venta. Un *Put* le otorga al propietario el derecho, pero no la obligación, de vender un bien en una fecha determinada al precio pactado.

Las opciones permiten que los inversionistas modifiquen su exposición al riesgo de los activos subyacentes. Se puede describir la clase de modificaciones posibles usando diagramas de pago que describen la relación entre el valor de una opción (Payoff) y el precio del activo subyacente ($S(T)$).

Diagrama de pago Call Largo

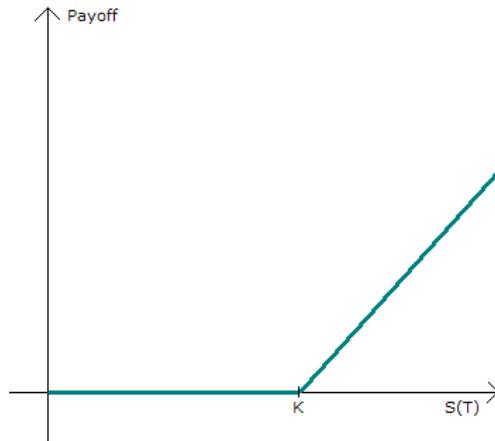
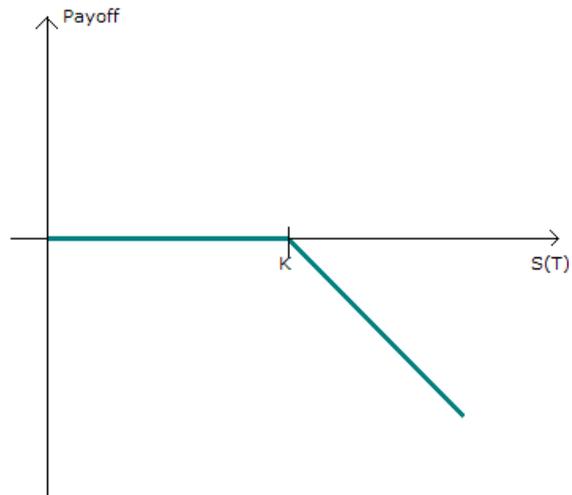


Diagrama de pago Call Corto



La expresión que define el Payoff es:

$$c = \max\{0, S(T) - K\}$$
$$C \geq c \geq 0$$

Diagrama de pago Put Largo

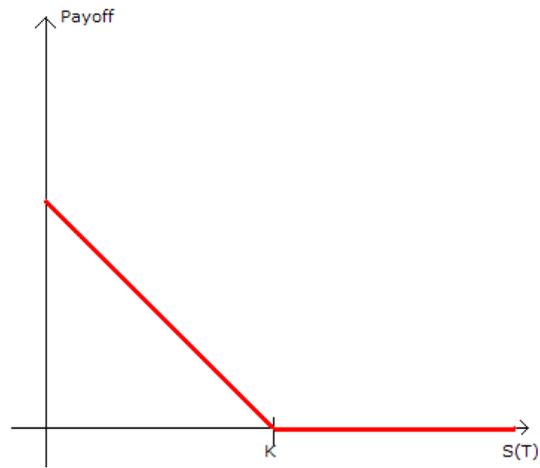
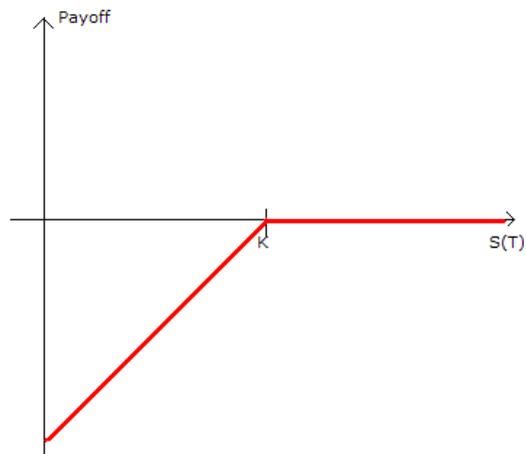


Diagrama de pago Put Corto



La expresión que define el Payoff es:

$$p = \max\{K - S(T), 0\}$$

$$P \geq p \geq 0$$

El valor hipotético de una opción, es decir si fuera a expirar de inmediato, se conoce como valor intrínseco. El valor en el tiempo de una opción es la diferencia entre el precio de una opción y su valor intrínseco. El valor en el tiempo de una opción americana es más grande cuanto más tiempo le reste para su expiración.

Se dice que una opción se está negociando *dentro de dinero* o *in the money*, cuando el precio del bien excede al precio de ejercicio, para las opciones de compra y cuando el precio de ejercicio excede al precio del bien, para las opciones de venta es el momento en el que conviene ejercer la opción.

Si el precio de ejercicio es igual al precio del bien operado, se dice que la opción se está negociando *en dinero* o *at the money*.

Si el valor intrínseco de una opción es cero, se está negociando *fuera de dinero* o *out of the money* quiere decir que el precio del bien es menor que el de ejercicio, para las opciones de compra; y cuando el precio de ejercicio es menor al del bien operado, para las opciones de venta, en este caso no se tiene la obligación de comprar o vender el bien subyacente, así que pueden elegir no ejercer la opción. Siempre que una opción de compra está en dinero, la opción de venta correspondiente está fuera de dinero y viceversa.

2.4.4 Valuación de las Opciones

Para esta parte es importante hacer algunas hipótesis:

- No existen impuestos ni costos de transacción
- Se presta y se toma prestado a la misma tasa r .
- Todas las ganancias y pérdidas están sujetas a la misma tasa r .
- Las transacciones se pueden realizar simultáneamente sin afectar los precios de mercado.

Límites del valor de las opciones

Los límites deben ser considerados como oportunidades de las cuales pueden tomar ventajas los participantes del mercado. Si el precio de una opción está por arriba del límite superior o por debajo del límite inferior, hay oportunidades de arbitraje. Si los límites no se respetan los participantes pueden obtener ganancias sin riesgo.

○ *Límite superior*

El precio de un Call no puede ser mayor que el precio del bien subyacente

$$c \leq S(t) \quad \text{y} \quad C \leq S(t)$$

Si esta relación no se respeta, el arbitrajista puede obtener una ganancia sin riesgo comprando el bien subyacente y vendiendo la opción de compra.

El precio de un Put no puede ser mayor que el precio de ejercicio

$$p \leq K \quad \text{y} \quad P \leq K$$

Para las opciones europeas, se sabe que a la fecha de maduración, el valor de la opción no puede ser mayor que K. Es decir, no puede ser mayor que el valor presente de K.

$$p \leq Ke^{-rT}$$

Si esta relación no se respeta, el arbitrajista puede obtener una ganancia sin riesgo vendiendo los contratos e invirtiendo los ingresos a la tasa de interés libre de riesgo.

○ *Límite inferior*

$$c \geq \max\{S(t) - Ke^{-rT}, 0\}$$
$$p \geq \max\{Ke^{-rT} - S(t), 0\}$$

Paridad Call – Put

- ✓ Para opciones americanas: $S(t) - K \leq C - P \leq S(t) - Ke^{-rT}$
- ✓ Para opciones europeas: $c + Ke^{-rT} = p + S(t)$

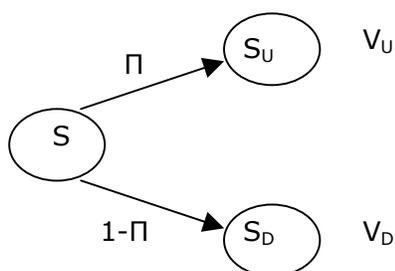
Estas expresiones se conocen como relación de paridad opción de venta – opción de compra.

Modelo Binomial

Este modelo se basa en la construcción de árboles binomiales. Los árboles binomiales son diagramas que representan las posibles trayectorias que puede seguir el precio del bien a lo largo de la vida de la opción. Con esto se puede calcular el valor de la opción hasta su vencimiento y al inicio de cada periodo intermedio; es útil para valuar opciones europeas y americanas.

- *Modelo binomial para opciones europeas.*

El modelo binomial se describe con el siguiente diagrama:



en donde:

S: Precio del bien

S_U : Posible precio por arriba de S

S_D : Posible precio por debajo de S

π : Probabilidad riesgo neutral

V_U : Payoff de la opción, si el precio del bien se mueve a S_U

V_D : Payoff de la opción, si el precio del bien se mueve a S_D

Para explicar la valuación de una opción mediante el modelo binomial se definen los portafolios que replican tanto un Put como un Call. Un portafolio B replica a uno A cuando el total de sus transacciones en T es igual que el total de las transacciones de A el mismo día.

Para un Call:

		t	S(T) = S_u	S(T) = S_D
A	Call	-c	V _U	V _D

		t	S(T) = S_u	S(T) = S_D
B	ΔSubyacente	-ΔS	ΔS _u	ΔS _D
	Venta VP(B)	$Be^{-r(T-t)}$	-B	-B
	Total	$Be^{-r(T-t)} - \Delta S$	$V_U = \Delta S_U - B$	$V_D = \Delta S_D - B$

Para un Put

		t	S(T) = S_u	S(T) = S_D
A	Put	-p	V _U	V _D

		t	S(T) = S_u	S(T) = S_D
B	ΔSubyacente corto	ΔS	-ΔS _u	-ΔS _D
	Compra VP(B)	$-Be^{-r(T-t)}$	B	B
	Total	$\Delta S - Be^{-r(T-t)}$	$V_U = B - \Delta S_U$	$V_D = B - \Delta S_D$

Donde Δ hace que el portafolio que replica la opción, sea libre de riesgo.

$$\Delta = \frac{V_U - V_D}{S_U - S_D}$$

y B es el valor nominal de un bono con vencimiento en T:

$$B = \frac{S_D(V_U) - S_U(V_D)}{S_U - S_D}$$

$$B = \Delta S_U - V_U = \Delta S_D - V_D$$

En un mundo neutral al riesgo, el valor de la opción es igual al valor esperado del Payoff descontado a la tasa libre de riesgo.

$$V = \frac{V_U - V_D}{U - D} + e^{-r(T-t)} \frac{UV_D - DV_U}{U - D}$$

en donde: $U = \frac{S_U}{S}$ y $D = \frac{S_D}{S}$

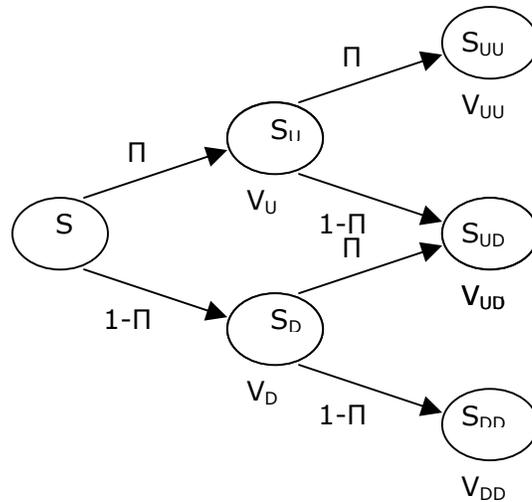
rearrreglando términos:
$$V = e^{-r(T-t)} \left[\left(\frac{e^{r(T-t)} - D}{U - D} \right) V_U + \left(\frac{U - e^{r(T-t)}}{U - D} \right) V_D \right]$$

suponiendo que $U \geq e^{r(T-t)} \geq D \Rightarrow S_u \geq e^{r(T-t)} \geq S_D$.

Si $\pi = \left(\frac{e^{r(T-t)} - D}{U - D} \right)$, π se puede interpretar como la probabilidad de un movimiento hacia arriba en un mundo neutral al riesgo, en este caso el rendimiento del subyacente es la tasa libre de riesgo; esta probabilidad es diferente en el mundo real.

$$\therefore V = e^{-rT} [\pi V_U + (1 - \pi) V_D]$$

En el caso de árboles de 2 períodos, se utiliza el mismo procedimiento para cada una de las ramificaciones del árbol, o bien se puede utilizar la siguiente generalización:



$$V = e^{-r2\delta} [\pi^2 V_{UU} + 2\pi(1-\pi)V_{UD} + (1-\pi)^2 V_{DD}]$$

○ *Modelo binomial para opciones americanas*

Sabiendo que en el caso de las opciones americanas se puede comprar o vender antes de la fecha de vencimiento, para valuarlas es necesario plantear un modelo para ver la evolución del precio del subyacente a lo largo del período de vigencia. El procedimiento consiste en la inducción del árbol hacia atrás, analizando en cada nodo el ejercicio anticipado de los contratos.

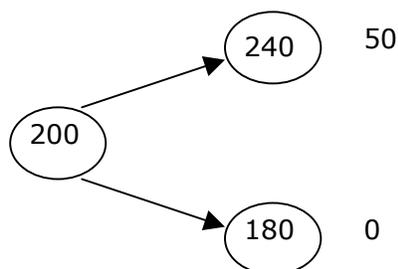
El valor de la opción en los nodos finales se calcula igual que en las opciones europeas. En ejercicios anticipados se calcula el mayor de los valores siguientes:

- El valor obtenido de la ecuación: $V = e^{-r(T-t)} [\pi V_U + (1-\pi)V_D]$ para el nodo final.
- El Payoff del ejercicio anticipado (en un nodo anterior).

○ *Ejemplos*

1. Suponga que se tiene un bien con un precio de \$200, se espera que éste aumente su valor en un 20% y lo disminuya un 10%; el precio de ejercicio es de \$190 y la tasa de interés libre de riesgo es 10%. ¿Cuál es el valor de Call?

El árbol queda de la siguiente forma:



Primero se calcula Δ y B:

$$\Delta = \frac{V_U - V_D}{S_U - S_D}$$

$$\Delta = \frac{50 - 0}{240 - 180} = \frac{5}{6}$$

$$B = \frac{S_D(V_U) - S_U(V_D)}{S_U - S_D}$$

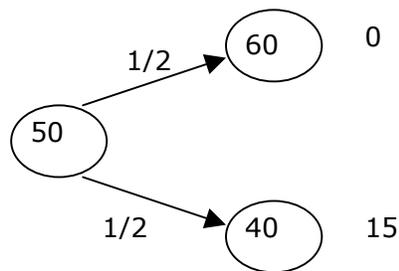
$$B = \frac{180(50) - 240(0)}{240 - 180} = 150$$

	t	S(T)=240	S(T)=180
Δ Subyacente	$-\frac{5}{6}(200) = -166.6667$	$\frac{5}{6}(240) = 200$	$\frac{5}{6}(180) = 150$
Préstamo VP(B)	$150e^{-0.1} = 135.7256$	-150	-150
Total	-30.9411	50	0

El Valor del Call es \$30.9411

2. Suponga que se tiene un bien con un precio de \$50, se espera que éste aumente o disminuya su valor en un 20%; el precio de ejercicio es de \$55 y la tasa de interés libre de riesgo es 10%. ¿Cuál es el valor de Put?

El árbol queda de la siguiente forma:



$$U = \frac{S_U}{S} = \frac{60}{50} = 1.2$$

$$D = \frac{S_D}{S} = \frac{40}{50} = 0.8$$

$$\pi = \left(\frac{e^{rT} - D}{U - D} \right) = \left(\frac{e^{0.1} - 0.8}{1.2 - 0.8} \right) = 0.7629$$

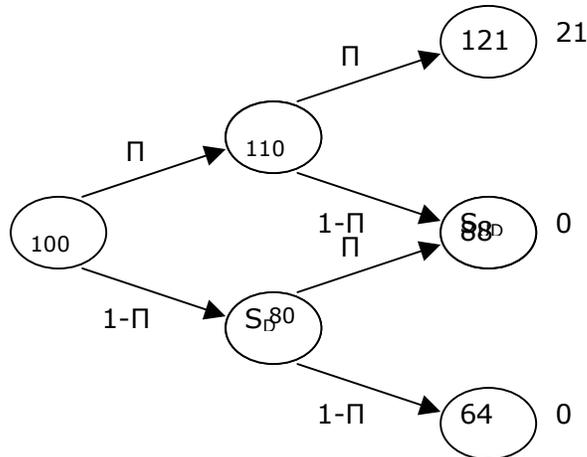
$$V = e^{-rT} [\pi V_U + (1 - \pi) V_D]$$

$$V = e^{-0.1} [0.7629(0) + (0.2371)15] = 3.2177$$

El valor del Put es \$3.2177.

3. Se adquiere un Call sobre un bien con un valor de \$100; el valor de subyacente puede aumentar un 10% o disminuir 20% semestralmente; la opción tiene una duración de 1 año con una tasa libre de riesgo de 10% y un precio de ejercicio de \$100. ¿Cuál es el valor del Call?

Se plantea el árbol:



Primero se obtiene $\pi = \left(\frac{e^{r\Delta} - D}{U - D} \right) = \left(\frac{e^{0.1(\frac{1}{2})} - 0.8}{1.1 - 0.8} \right) = 0.8375$ donde

$$U = \frac{S_U}{S} = \frac{110}{100} = 1.1 \quad \text{y} \quad D = \frac{S_D}{S} = \frac{80}{100} = 0.8.$$

El valor de π es igual para todos los períodos, ya que U y D no cambian.

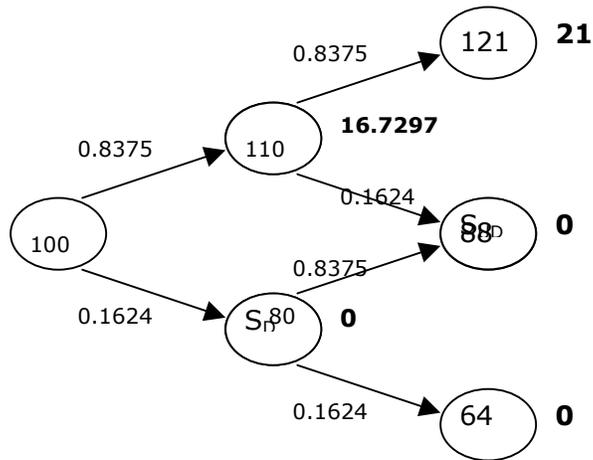
$$V = e^{-r\Delta} [\pi V_U + (1 - \pi) V_D]$$

$$V_1 = e^{-0.1(\frac{1}{2})} [0.8375(21) + (0.1624)0] = 16.7298$$

$$V_2 = e^{-0.1(\frac{1}{2})} [0.8375(0) + (0.1624)0] = 0$$

$$C = e^{-0.1(\frac{1}{2})} [0.8375(16.7298) + (0.1624)0] = 13.3301$$

El árbol queda de la siguiente forma:



El valor del Call es \$13.3301

Modelo Black & Scholes

El modelo Black & Scholes es más cercano a la realidad, ya que utiliza el mismo razonamiento que el modelo binomial, pero supone que la replicación de cartera se ajusta continuamente con el tiempo.

Para la aplicación de este modelo es necesario plantear algunos supuestos:

- ❖ El precio del bien subyacente se distribuye lognormal
- ❖ La volatilidad del precio del instrumento operado en la opción es constante en el tiempo.
- ❖ Las operaciones de opciones no incurren en comisiones, impuestos ni gastos de operación extras.
- ❖ La tasa de interés libre de riesgo es constante.
- ❖ No existen oportunidades de arbitraje libres de riesgo.

La fórmula de Black & Scholes para opciones europeas es:

$$c = S(t)N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2)$$

$$p = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - S(t)N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

donde:

c= precio de la opción de compra

p=precio de la opción de venta

K=precio del ejercicio

r= tasa de interés libre de riesgo

t=fecha actual

T=fecha de vencimiento

σ =desviación estándar de la tasa de interés libre de riesgo

$N(x)$ =función de densidad de una distribución normal estándar:

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}y^2} dy$$

Cada bien subyacente operado ofrece flujos de efectivo (cupones, dividendos, intereses, etc.), que no son tomados en cuenta en la fórmula de Black & Scholes. Se denota a q como la tasa de dicho flujo de efectivo, es decir, para divisas, sería la tasa de interés del tipo de cambio; para acciones, serían los dividendos; para los bonos que pagan cupones, sería el rendimiento. La fórmula queda de la siguiente manera:

$$c = S(t)N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2)$$

$$p = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - S(t)N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{s}{k}\right) + \left(r - q + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T - t}$$

El efecto del rendimiento esperado de estos flujos de efectivo se transmite a través del precio de la acción, es decir, cualquier cambio en las expectativas acerca del precio futuro o del rendimiento esperado requerido, ocasionará que el precio de la opción cambie.

En el mundo real, ni la volatilidad, ni el rendimiento de dividendos se conoce con certeza, y la evidencia empírica sugiere que ambos varían estocásticamente a lo largo del tiempo.

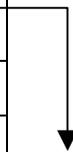
El modelo Black & Scholes se basa en que se reconstruye el portafolio a cada instante, por lo que no es posible hacer arbitraje.

o *Ejemplos*

1. El 1 de septiembre, las acciones de una compañía se vendían a \$50. ¿Cuál es el valor de un Call europeo con precio de ejercicio \$48 que expira el 1 de diciembre del mismo año? La tasa de interés libre de riesgo es del 1.08% y tiene una volatilidad del 20.789%.

Datos:

Precio actual de la acción	s	50
Tasa de interés libre de riesgo	r	0.0108
Tiempo de maduración	T	0.24931507
Volatilidad	σ	0.20789
Precio de ejercicio	K	48



$$\frac{91}{365} = 0.24931507$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{s}{k}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{50}{48}\right) + \left(0.0108 + \frac{1}{2}0.20789^2\right)0.24931507}{0.2 * \sqrt{0.25}} = 0.47110688$$

$$d_2 = 0.47110688 - 0.20789\sqrt{0.24931507} = 0.36730437$$

d1	0.47110688
d2	0.36730437
N(d1)	0.68121779
N(d2)	0.64330395

$$c = S(t)N(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2)$$

$$c = 50 * 0.68121779 - 48 * e^{(-0.0108 * 0.24931507)} * 0.64330395 = 3.2653$$

Call = 3.2653.

2. Cuál es el valor de un Put con los siguientes datos:

Precio actual de la acción	s	100
Tasa de interés libre de riesgo	r	0.0507
Tiempo de maduración	T	0.24931507
Volatilidad	σ	0.50425
Precio de ejercicio	K	80

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{100}{80}\right) + \left(0.0507 + \frac{1}{2} 0.50425^2\right) 0.24931507}{0.50425 * \sqrt{0.24931507}} = 1.06235963$$

$$d_2 = 1.06235963 - 0.50425 \sqrt{0.24931507} = 0.81058024$$

d1	1.06235963
d2	0.81058024
N(d1)	0.85596374
N(d2)	0.79119668
N(-d1)	0.14403626
N(-d2)	0.20880332

$$P = Ke^{-r(T-t)} N(-d_2) - S(t)N(-d_1)$$

$$P = 80 * e^{-0.0507 * 0.24931507} * 0.20880332 - 100 * 0.14403626 = 2.0908$$

$Put = 2.0908$

Efecto de la volatilidad en el precio de las opciones

La volatilidad es la medida comúnmente usada del riesgo de un activo, relacionada con la gama de tasas de rendimiento posibles y sus probabilidades de ocurrencia. En el mercado de opciones se usa como sinónimo de desviación estándar.

La volatilidad implícita es el valor de la volatilidad que hace que el precio de mercado observado de una opción, sea igual al valor calculado mediante la fórmula de valuación de la opción.

El aumento de la volatilidad de una acción, manteniendo constante el precio actual y la tasa esperada de rendimiento, ocasionará que aumenten los rendimientos esperados de las opciones de compra y venta de esa acción.

De la misma manera, si se toma en cuenta la paridad compra – venta, un aumento de la volatilidad dará como resultado exactamente el mismo aumento de la volatilidad del precio de la opción de compra y el de la opción de venta.

En resumen, cuanto más alta sea la volatilidad del precio de una acción, más altos serán los precios tanto de las opciones de venta, como de las opciones de compra de esa acción.

Procesos Estocásticos de la Valuación de Opciones.

Para poder entender la manera en que funciona el proceso de simulación para la Valuación de Opciones, es necesario explicar los procesos estocásticos que intervienen en el valor de las opciones. Cualquier variable cuyo valor cambia en el tiempo de un modo incierto se dice que sigue un proceso estocástico.

Proceso de Markov. Es la analogía probabilística donde el desarrollo futuro esta completamente determinado por el estado actual y es independiente de la forma en la que dicho estado se ha desarrollado. Los precios de acciones siguen un proceso de Markov.

Proceso de Wiener. Es un caso particular del proceso de Markov. Una variable z sigue un proceso de Wiener cuando las variaciones δz , en el periodo δt , satisface:

1. $\delta z = \varepsilon \sqrt{\delta t}$ donde ε es un valor aleatorio de una distribución normal estándar.
2. Los valores de δz para cualesquiera dos intervalos δt son independientes.

De la primera propiedad, δz sigue una distribución normal con:

$$\text{Media} = 0$$

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\delta t}$$

$$\text{Varianza} = \delta t$$

La segunda propiedad implica que z es un proceso de Markov.

El proceso generalizado de Wiener para la variable x puede ser definido como:

$dx = a dt + b dz$, donde a y b son constantes. En un intervalo de tiempo δt , el cambio δx del valor de x está dado por: $\delta x = a \delta t + b \varepsilon \sqrt{\delta t}$.

Proceso de Ito. Es una generalización del proceso de Wiener, en donde los parámetros a y b son funciones del valor x en el tiempo t :

$$dx = a(x, t) dt + b(x, t) dz$$

en un intervalo de tiempo entre t y $t + \delta t$, la variable cambia de x a $x + \delta x$.

Proceso para el precio de una acción. Suponga que S es el precio de la acción en el tiempo t . En un intervalo corto de tiempo, δt , el incremento esperado de S es $\mu S \delta t$. El parámetro μ es la tasa esperada de retorno de la acción.

Si la volatilidad es 0, el modelo implica que:

$$\delta S = \mu S \delta t$$

cuando $\delta t \rightarrow 0$

$$dS = \mu S dt$$

$$\frac{dS}{S} = \mu dt$$

integrando entre 0 y T se obtiene:

$$S(T) = S e^{\mu T}$$

donde $S(T)$ es el precio del bien en el tiempo T .

Esto implica que cuando la varianza es cero, el precio de la acción crece a una tasa continua μ por unidad de tiempo.

En el mundo real, el precio de una acción tiene volatilidad. Un supuesto razonable es que la variación del porcentaje de retorno en un período corto de tiempo, δt , es igual independientemente del precio de la opción, es decir, la desviación estándar de la variación en un periodo de tiempo δt debe ser proporcional al precio de la acción:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

σ es la volatilidad del precio de la acción y μ es la tasa esperada de retorno.

Considerando el intervalo de tiempo (δt) y el incremento del precio de la acción en ese intervalo (δS), el modelo queda de la siguiente manera:

$$\delta S = \mu S \delta t + \sigma S \varepsilon \sqrt{\delta t}$$

Lema de Ito. Suponga que el valor de una variable x sigue el proceso de Ito $dx = a(x,t)dt + b(x,t)dz$, donde dz es un proceso de Wiener y a y b son funciones de x y t . El lema de Ito afirma que una función G de x y t sigue el proceso:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial x} a + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} b^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial x} b dz$$

$dS = \mu S dt + \sigma S dz$, con μ y σ constantes es un modelo razonable para el movimiento del precio de una acción. Del lema de Ito, el proceso que sigue una función G de S y t es:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial S} \mu S + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial S} \sigma S dz$$

Propiedad Lognormal. Se sabe que la función G de S y t sigue un proceso:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial S} \mu S + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial S} \sigma S dz . \quad . \quad \text{Si } G = \ln S \Rightarrow \frac{\partial G}{\partial S} = \frac{1}{S} ,$$

$\frac{\partial^2 G}{\partial S^2} = -\frac{1}{S^2} , \quad \frac{\partial G}{\partial t} = 0 .$ Y por lo tanto el proceso que sigue G es:

$$dG = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz .$$

Sea S(T) el precio de la acción en T. En el momento T, lnS(T) se distribuye normal con media $\ln S(t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} (T-t) \right)$ y varianza $\sigma^2 (T-t)$. Para simular

S(T), se utilizará la aplicación @Risk obteniendo lnS(T) mediante la fórmula:

$$\ln S(T) = \ln S(t) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} T \right) + \sigma \sqrt{T} \text{RiskNormal}(0,1)$$

para obtener S(T) se usa:

$$S(T) = S(t) e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma \sqrt{T} \text{RiskNormal}(0,1)}$$

2.4.5 Aplicación de @Risk en la valuación de Opciones

La transición de la teoría a la práctica en los modelos de valuación de opciones, no tiene precedentes en la historia de las finanzas, por lo anterior la tecnología de la valuación de opciones se ha aplicado a la valuación de otros derechos contingentes y ha jugado un papel fundamental en el apoyo a la creación de nuevos productos y mercados financieros en todo el mundo.

Para la simulación de la valuación de opciones se plantearán los siguientes problemas:

1. El 1 de septiembre, las acciones de una compañía se vendían a \$50. ¿Cuál es el valor de un call europeo con precio de ejercicio \$48, que expira el 1 de diciembre del mismo año? La tasa de interés libre de riesgo es del 1.08% y tiene una volatilidad del 20.789%.

Datos:

Precio actual de la acción	s	50
Tasa de interés libre de riesgo	r	0.0108
Tiempo de maduración	T	0.24931507
Volatilidad	σ	0.20789
Precio de ejercicio	K	48

Primero se simula el valor de la acción en el tiempo T con la fórmula:

$$S = s(t)e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma\sqrt{T}RiskNormal(0,1)}$$

$$S = 50e^{\left(0.0108 - \frac{0.20789^2}{2}\right)0.24931507 + 0.20789\sqrt{0.24931507}RiskNormal(0,1)}$$

El resultado de la simulación es S=49.8654

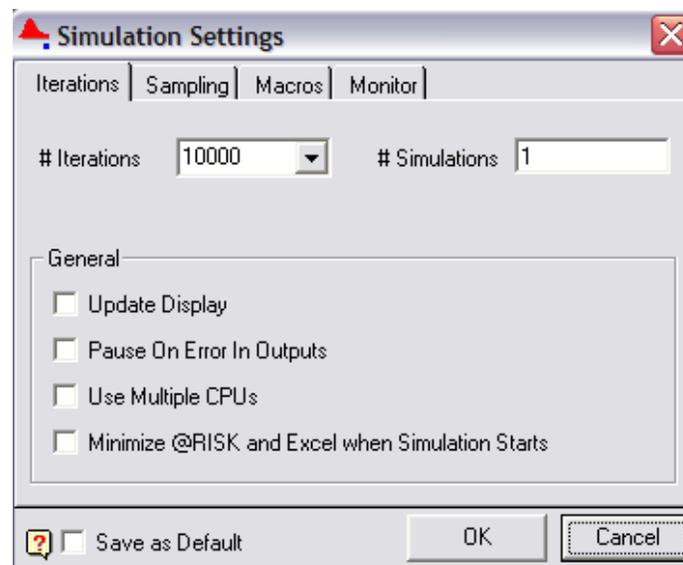
Después se obtienen los flujos de caja del call, es decir el valor del Payoff. Si en la fecha de expiración S es menor que el precio de ejercicio (48), no se paga nada, si es mayor se pagará la diferencia del valor en la fecha de expiración y el precio de ejercicio:

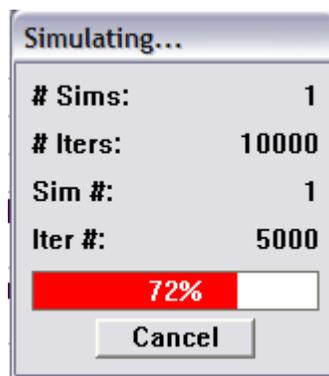
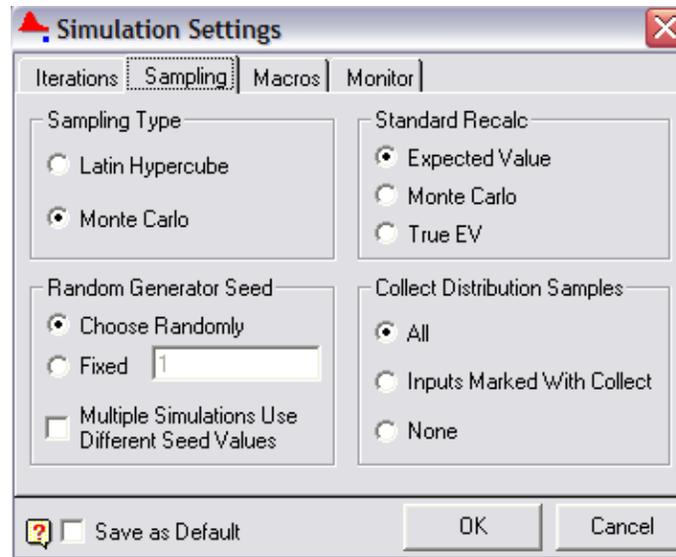
$$\begin{aligned} \text{Si } S < 48 & \quad \text{Payoff} = 0 \\ \text{Si } S > 48 & \quad \text{Payoff} = S - 48 \end{aligned}$$

La hoja de trabajo de Excel queda de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Precio actual de la acción	s	50		
4	Tasa de interés libre de riesgo	r	0.0108		
5	Tiempo de maduración	T	0.24931507		
6	Volatilidad	σ	0.20789		
7	Precio de ejercicio	K	48		
8	Precio de la acción a la fecha de expiración		49.8654375		
9	Payoff		1.8654375		
10					

Se definen los parámetros de la simulación, esta se hará en 10,000 iteraciones usando la simulación de Monte Carlo





Después de la simulación se obtienen los siguientes resultados:

Detailed Statistics	
Name	Payoff
Description	Output
Cell	C9
Minimum	0
Maximum	24.0858
Mean	3.272473
Std Deviation	3.882814
Variance	15.07625
Skewness	1.322684
Kurtosis	4.504891
Errors Calculated	0

Esto quiere decir que la estimación del valor del Call es 3.2724

2. Cuál es el valor de un put con los siguientes datos:

Precio actual de la acción	s	100
Tasa de interés libre de riesgo	r	0.0507
Tiempo de maduración	T	0.24931507
Volatilidad	σ	0.50425
Precio de ejercicio	K	80

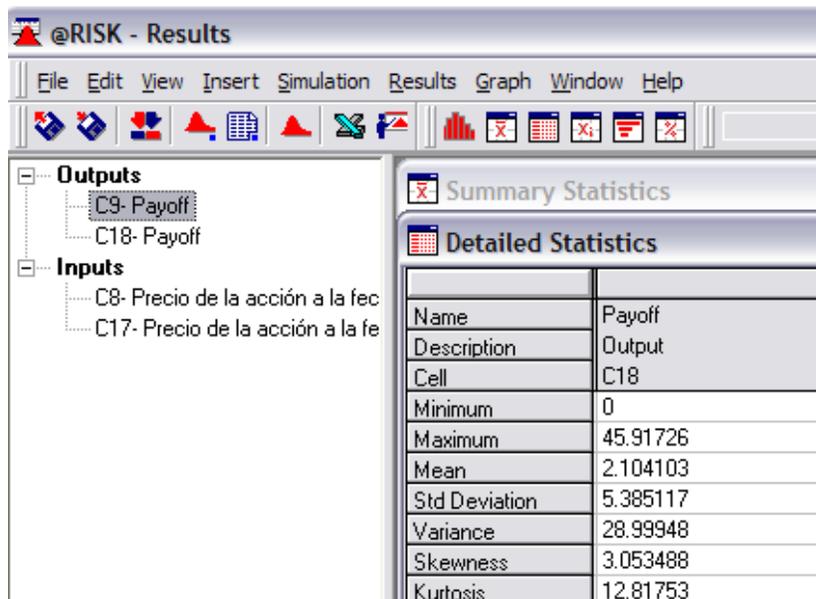
Se calcula S, de la misma manera que en el ejemplo anterior:

$$S = s(t)e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma\sqrt{T}RiskNormal(0,1)}$$

$$S = 50e^{\left(0.0507 - \frac{0.50425^2}{2}\right)0.24931507 + 0.50425\sqrt{0.24931507}RiskNormal(0,1)}$$

S=98.1124

Usando 10,000 iteraciones y la simulación Monte Carlo, se obtiene:



Por lo tanto el valor del put es de 2.1041.

No es posible usar @Risk para valuar el precio de una opción americana pues para determinar los flujos de caja de la opción se requiere tomar en cuenta la posibilidad de un ejercicio anticipado.

CAPÍTULO 3

NUEVOS PRODUCTOS

3.1 Metodología del lanzamiento de un nuevo producto.

En un entorno en constante proceso de mutación, desarrollar nuevos productos¹ se ha convertido cada día en una necesidad más imperiosa para las empresas, solo sobrevivirán las empresas que sean más competitivas y creativas. Muchas compañías obtendrán parte considerable de su volumen de ventas y utilidades netas en el año, a partir de productos que no existían hace 5 o 10 años. Aquellas que no los desarrollen corren un gran riesgo, porque los consumidores modifican vertiginosamente sus preferencias y expectativas. Las nuevas tecnologías provocan a diario la aparición de novedades que, automáticamente, acortan la vida de los productos. Sumado a esto, el fenómeno de la globalización ha originado que los mercados se encuentren cada vez más expuestos a la competencia internacional.

Para tener éxito, se debe atravesar la etapa del diseño y desarrollo, en la cual se deben cometer la menor cantidad de errores posibles y así llegar a tiempo a un mercado que avanza a velocidades inimaginables.

Refiriéndose específicamente al desarrollo de nuevos productos, cabe mencionar que éste se puede llevar a cabo a través de avances tecnológicos, es decir, mejorando los artículos existentes, agregando productos de distintos rangos de calidad, y por último mediante la innovación, siendo éste el que involucra mayor costo y riesgo porque son productos totalmente nuevos para el mundo.

¹ Para decir que un producto es nuevo, debe ser enteramente nuevo o haber cambiado en un sentido funcionalmente importante o sustancial.

El tema del desarrollo de nuevos productos es una tarea que involucra a todas las áreas de la empresa. Éste representa un verdadero reto para las compañías, ya que deben ser capaces de poder conjuntar eficientemente todos los esfuerzos y recursos disponibles, para cumplir con los planes de lanzamiento, fundamentándose en las necesidades de los consumidores.

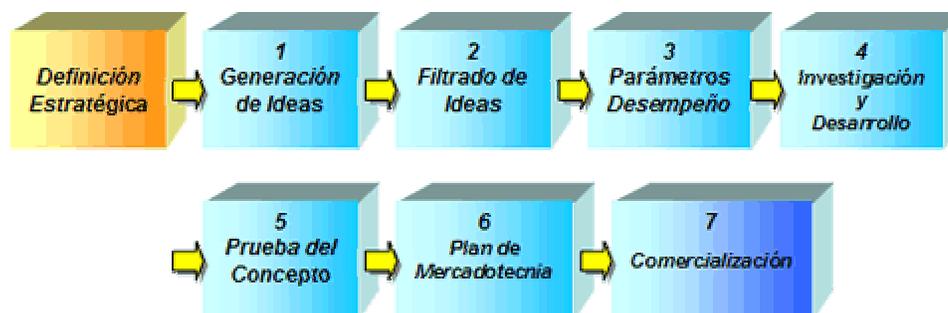
Al inicio de cualquier proyecto se debe:

1. Dar la idea y objetivos principales y su mercado objetivo.
2. Compromiso de la gerencia general.
3. Explicar la estrategia a nivel local, nacional o de exportación.
4. Cuál es el plan de la compañía respecto al producto que se esta diseñando.
5. Empatía entre los integrantes del grupo de trabajo.

3.1.1 Etapas del proceso de desarrollo de nuevos productos.

Todas las personas que tratan, venden o utilizan el producto deben ser tomadas en cuenta cuando se desarrolla un nuevo artículo, debido a que sus necesidades y actitudes determinan el movimiento del mercado. Evidentemente un nuevo producto debe contener características fundamentales que esperan encontrar los consumidores.

Las etapas de desarrollo son:



0. Definición Estratégica

Como paso número cero se debe preparar, presentar y aprobar, un plan estratégico corporativo. Las empresas que lo realizan tienen una tasa de crecimiento más alta y una mayor longevidad, ya que el desempeño histórico no es una indicación del desempeño futuro. Los mercados, las necesidades de los consumidores y la competencia cambian, lo que significa que lo que funcionó en el pasado puede no ser lo más efectivo ahora y menos para el provenir.

Hay muchos aspectos que se tienen que considerar antes de poder lanzar un producto al mercado, el análisis del entorno, el mercado, la competencia, las fuerzas, debilidades, oportunidades y amenazas, las ventajas competitivas, el posicionamiento, el mercado meta, los objetivos, las estrategias y su instrumentación, y todos estos deben ser considerados durante la planeación.

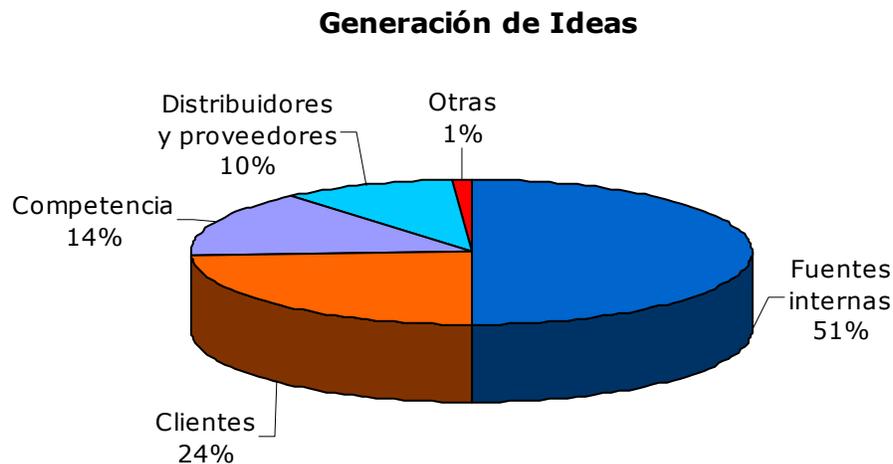
1. Generación de Ideas

Aquí se debe partir del supuesto que después de haber elaborado el Plan Estratégico, ya quedó claramente definido el tipo de producto que se va a desarrollar.

Normalmente una compañía genera muchas ideas² para dar con una buena. Dichas aportaciones pudieron haber tenido su origen en varias fuentes: las necesidades y deseos de los consumidores, la fuerza de ventas, los canales de distribución, los productos de la competencia, el departamento de investigación y desarrollo o la dirección general. Esta búsqueda debe ser sistemática, más que fortuita, pues de lo contrario, la empresa podría encontrar muchas ideas, más no las adecuadas para su giro.

² La *idea* de un producto es lo que una empresa es capaz de ofrecer al mercado

Para que fluyan nuevas ideas la compañía debe utilizar diversas fuentes. Entre las principales se incluyen las siguientes:



Fuentes internas. Más del 50% de todas las ideas para nuevos productos provienen del interior de la compañía. Se pueden obtener de los investigadores, ingenieros, productores y ejecutivos. También los vendedores son otra fuente importante por su diario contacto con los clientes.

Clientes. Casi el 24% de las ideas para nuevos desarrollos provienen de observar y escuchar al cliente. Las necesidades y deseos de los consumidores se detectan mediante encuestas.

Competencia. La compañía estudia la publicidad y otras comunicaciones para tener un panorama de lo que están haciendo sus competidores.

Distribuidores y proveedores. Ellos están muy cerca del mercado y pueden proporcionar información sobre los problemas del consumidor y las posibilidades de crecimiento. Los proveedores pueden hablar con la compañía de los nuevos conceptos, técnicas y materiales utilizables en el desarrollo de nuevos productos.

Otras fuentes. Las publicaciones, exposiciones y seminarios comerciales, agencias de publicidad, empresas de investigación de mercados, laboratorios universitarios o comerciales e inventores.

2. Filtrado de Ideas.

El propósito de la generación de ideas es la formulación de éstas; el objetivo de las etapas subsiguientes es la reducción de dicho número. La primera etapa para ello es el filtrado de ideas, cuya meta es detectar las buenas y desechar las otras tan pronto como sea posible. Los costos de desarrollo se incrementan grandemente en las últimas etapas, por esa razón a la compañía le interesa conservar sólo las que puedan convertirse en productos generadores de ingresos.

En esta etapa se responden las siguientes preguntas: ¿La idea es buena para la compañía en particular? ¿Se cuenta con el personal, la capacidad y los recursos para llevarlo a alcanzar el éxito?

En esta fase hay que tratar de evitar dos errores muy comunes:

- Eliminar las ideas sin realmente haberles dado la oportunidad de una evaluación justa debido a una actitud excesivamente conservadora.
- Permitir que ideas sin mucho fundamento pasen a las siguientes fases de desarrollo, y hasta la comercialización, ocasionando muchas veces grandes pérdidas para la organización cuando fracasan.

3. Parámetros de Desempeño

En base a la evaluación de las capacidades de la empresa, se deben definir las áreas del mercado en las cuales se pretende participar y la asignación de los recursos humanos, financieros y materiales necesarios para las diferentes áreas de la empresa.

Para que la puesta en práctica del programa de desarrollo de productos sea efectiva, hay que tomar en cuenta que se debe conjuntar el equipo organizacional necesario.

Esta organización puede tener distintas modalidades: departamento, gerentes, comités y equipos multidisciplinarios de nuevos productos.

4. Investigación y Desarrollo

El nuevo concepto³ debe ser físicamente factible de convertirse en un producto, esto se puede iniciar, dependiendo del caso, antes o en paralelo al desarrollo y prueba del concepto, porque es común que se requiera de prototipos para poderlo presentar al consumidor durante la investigación de mercado. Por esto las personas responsables del desarrollo deben conocer, no sólo las características funcionales que se espera tenga el nuevo producto, sino también los aspectos psicológicos que se pretenden comunicar, haciendo uso de las distintas connotaciones y reacciones que tienen para los consumidores ciertos colores, aromas, texturas, pesos y demás características físicas de los productos. Este paso demanda una gran inversión, pues demostrará si la idea puede transformarse en un producto factible.

El prototipo debe satisfacer los siguientes criterios:

1. Que los consumidores vean en él las características claves descritas en la formulación del concepto del producto.
2. Que se desempeñe adecuadamente en el uso normal.
3. Que su producción vaya de acuerdo con los costos presupuestados.

Una vez listos los prototipos deben ponerse a prueba. Algunas de las pruebas de funcionalidad son:

- Pruebas de laboratorio.
- Definición de las materias primas y materiales de empaque más convenientes a utilizar.

³ Versión modificada de la idea, expresada de tal manera que sea comprensible para el consumidor.

- Pruebas de vida útil, embarque, estiba (según sea el caso) y almacenaje y manejo tanto en las bodegas propias como en la de los clientes.
- Pruebas de producción en las líneas definitivas.
- Hay que averiguar los requerimientos legales, textos que deberán contener los empaques y las altas que necesita manifestar ante las dependencias oficiales, más aún si se trata de productos que también serán exportados.

En esta etapa es donde se estará en posición de llevar a cabo el análisis del negocio para conocer el atractivo financiero del nuevo producto, determinando, con mayor grado de certidumbre, el costo de todos los elementos que intervienen en el proceso del nuevo producto; calcular el precio de venta y verificar que esté de acuerdo con los parámetros del mercado; por lo anteriormente expuesto, habrá una mejor situación para preparar una simulación que indicará si se pueden lograr las utilidades esperadas en base a las variables.

Para elaborar un pronóstico de ventas, la compañía debe examinar la historia de las ventas de productos similares y hacer una encuesta de opinión en el mercado.

5. Desarrollo y Prueba del Concepto

El objetivo básico de esta etapa es probar el producto en situaciones reales de mercado, pero también permite que la compañía ponga a prueba su programa global de mercadotecnia, publicidad, distribución, fijación del precio, marca y empaque así como niveles de presupuesto.

Las pruebas de mercado constituyen la etapa en que el producto y el programa de mercadotecnia se introducen a un ambiente de mercado más realista. Ésta se lleva a cabo directamente con los clientes y/o consumidores potenciales.

La empresa utiliza estas pruebas para enterarse de la reacción de consumidores y distribuidores ante el manejo, uso y recompra del producto.

A partir de los resultados que se obtengan de esta fase, se podrá definir el posicionamiento, que es la manera de lograr que la imagen⁴ del futuro nuevo producto ocupe un lugar claro y valorado en la mente de los consumidores, con relación a la competencia y/o en relación con otros productos de la misma empresa.

6. Plan Estratégico de Mercadotecnia

Con toda la información anterior se está ya en posibilidad de poner todos los detalles relativos a la introducción del producto, en un documento denominado Plan Estratégico de Mercadotecnia, que es diferente al mencionado al principio de este capítulo que se refiere a la empresa en su conjunto, es decir, a nivel corporativo.

Dicho plan de mercadotecnia debe cubrir los aspectos relativos a:

- Análisis de las competencias de la empresa en lo relativo al producto: tecnología, capacidad de producción, compras/costos, sistema de distribución/cobertura geográfica, canales de distribución, organización de ventas, capacidad de negociación con proveedores y clientes y mantenimiento de la calidad.

⁴ La *imagen* es la representación que se forma en la mente el consumidor acerca de un producto real o potencial

- Tamaño, estructura y comportamiento del mercado objetivo, resultados de la prueba de concepto, competencia, características, hábitos de consumo, marca, posicionamiento planeado para el producto, la participación de mercado proyectada con esas ventas
- Características del producto, empaque, presentaciones, costo, precio que se le va a asignar, políticas de descuentos, apoyos promocionales, estrategia de distribución y presupuesto de mercadotecnia.
- Las ventas totales estimadas.
- El objetivo de utilidades que se pretende obtener.

La elaboración de este documento es de enorme utilidad porque permite que se pongan en práctica, de manera ordenada y sistematizada, todas las actividades que se planearon permitiendo, además, medir los resultados obtenidos y corregir las desviaciones que se van detectando sobre la marcha.

7. Comercialización

Finalmente, después de haber desarrollado el nuevo producto, el último paso corresponde a su introducción al mercado o a la comercialización⁵, es decir, ahora viene la etapa de poner en práctica todo el detalle de lo expresado en el Plan Estratégico de Mercadotecnia.

Para lanzar un nuevo producto, la empresa debe tomar algunas decisiones:

- *Cuándo* Hay muchos factores que determinan la respuesta a esta interrogante; varían de acuerdo a los criterios de las distintas empresas:

⁵ Introducción del nuevo producto al mercado.

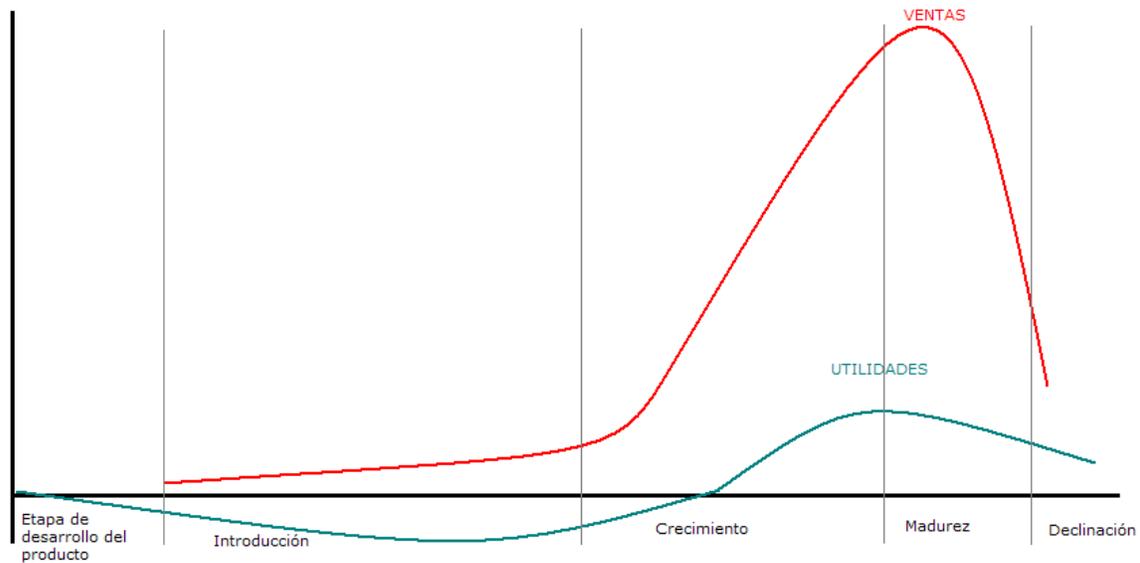
- Debe haber demanda adecuada en el mercado. Este es sin duda el criterio más importante que ha de aplicarse al producto propuesto. Se debe responder a la pregunta: "¿Hay un número suficiente de personas que quieran el producto?"
- El producto necesita ser compatible con las normas ambientales y sociales actualmente en vigor. ¿El producto es nocivo para el ambiente? ¿Es posible reciclarlo?, etc.

Lo importante es decidir si este es el momento de introducirlo al mercado o si puede mejorarse y ser lanzado al año siguiente; o si debido a que la economía atraviesa por tiempos difíciles se deba esperar, etc.

- *Dónde.* La compañía debe decidir si lanza su nuevo producto en el mercado nacional o internacional, en un solo lugar, en una sola región o varias.
- *A quién.* La compañía debe dirigir su distribución y promoción a los mejores prospectos. Ya cuenta con un perfil de los mejores, pero ahora debe afinar su identificación de mercados y buscar especialmente a los adoptantes tempranos, a los usuarios más constantes y a los líderes de opinión.
- Desde el punto de vista financiero. Por lo menos hay que formular tres preguntas:
 - ¿Se dispone de suficiente financiamiento?
 - ¿Aumentara para el nuevo producto la estabilidad estacional y cíclica de la empresa?
 - ¿Valen la pena las posibilidades de utilidades?

El lanzamiento del producto tendrá menores costos, si encaja dentro de la estructura presente de mercadotecnia, la actual fuerza de ventas, las instalaciones de producción y mano de obra, etc.

En general, la relación de las utilidades y las ventas durante la vida de un producto es:



Antes de introducir el nuevo producto al mercado se habrá tenido que realizar un análisis exhaustivo de sus fortalezas y debilidades, para desarrollar planes de acción alternativos o de manejo de contingencias. Aun con un plan de marketing sólido, muchos ejecutivos se quedan cortos en la fase de implementación por el paso tan acelerado de las operaciones del día a día; esto implica poder priorizar las actividades cuando existen limitaciones de tiempo y recursos.

Si no se prevé el diseño de mecanismos internos de control suficientemente ágiles que permitan detectar las desviaciones y variaciones contra el plan original, no se podrán implementar acciones correctivas.

La oportunidad de comercializar un nuevo producto, en forma exitosa, aumenta si la gerencia conoce los procesos de adopción y difusión del mismo. El proceso de adopción es la actividad de toma de decisiones de un individuo mediante las cuales se acepta el nuevo producto (la innovación). La difusión es el proceso en virtud del cual la innovación se esparce por un sistema social con el tiempo.

El posible usuario pasa por seis etapas durante el proceso de decidir si adopta algo nuevo:

ETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA
Conocimiento	El individuo queda expuesto a la innovación; convirtiéndose en un posible cliente.
Interés	El posible cliente tiene el suficiente interés para buscar información respecto al nuevo producto.
Evaluación	El posible cliente mide los méritos relativos al producto.
Prueba	El posible cliente adopta la innovación en forma limitada.
Adopción	El posible cliente decide utilizar o no la innovación en forma integral.
Confirmación	Una vez adoptada la innovación, el usuario intentará asegurarse de que tomó la decisión acertada de adopción.

Se debe evaluar y analizar también a la fuerza de ventas. Hay que capacitarla en el manejo del nuevo producto, dándole toda la información correcta y claramente digerida para que no haya ninguna duda en el momento de estar parados frente al cliente realizando la venta.

En resumidas cuentas, si se evalúa cada producto detalladamente, se pueden obtener conclusiones importantes, las cuales evitarían acarrear pérdidas económicas no recuperables.

Se debe tener en cuenta:

1. Requerimiento de personal calificado.
2. Planificación del uso de recursos.
3. Necesidad de estudios de mercado avanzados.
4. Sobrecarga de proyectos.
5. Estudios de Mercado.
6. Metas de Ventas
7. Cuanto más grande sea el equipo de diseño y desarrollo, más lenta la comunicación y la toma de decisiones.

3.2 Ejemplo de simulación de nuevos productos

Cuando una compañía desarrolla un nuevo producto, hay mucha incertidumbre relacionada a su rentabilidad. La simulación es una herramienta para estimar esta rentabilidad y evaluar el riesgo asociado.

Una compañía farmacéutica está evaluando un nuevo medicamento para la depresión. Al principio de este año hay una población objetivo de 1 500 000 personas que son usuarios potenciales. Cada persona usará este medicamento (o el de un competidor) no más de una vez al año.

Se pronostica un crecimiento de esta población en un 5% anual, con un grado de certeza del 95% que estará entre un 3% y un 7%. No se sabe con seguridad que uso tendrá el medicamento durante el primer año pero se espera que la demanda en el peor de los casos sea del 20%, en el caso más realista del 40% y en el mejor de los casos del 70%. En años subsiguientes se espera que el uso del medicamento permanezca constante pero se perderá un 10% del mercado con la entrada de cada competidor.

Además de ésta hay otras 3 compañías que pueden competir. Al inicio de cada año, cualquier candidato que no haya entrado en el mercado tiene un 40% de probabilidad de hacerlo. Al año siguiente de la entrada de uno o varios competidores, la participación se reduce un 10% por cada nuevo competidor. Si los tres competidores ya han entrado, no ingresa ninguno más.

Cada unidad de medicamento se venderá en \$10, llevando un costo unitario de \$4. Las utilidades son descontadas con una tasa de riesgo ajustada del 10% anual.

El gasto total de construcción de la planta depende de la producción que se tendrá en el primer año, el costo de construcción por unidad producida es de \$3 y el costo de operación es de \$1.20 por cada unidad producida en el año.

Los datos que se tienen hasta el momento son:

Precio	\$10
Costo de producción	\$4
Probabilidad entrada participante	0.4
% disminución por competencia	10%
Tamaño mercado	1,500,000.00
Demanda menor	0.2
Demanda real	0.4
Demanda mayor	0.7
Costo de operación	\$1.2
Costo de construcción	\$3.5
Producción	100,000
Tasa de interés	10%

Antes de lanzar el producto al mercado es necesario realizar pruebas e investigaciones para determinar si vale la pena desarrollar el producto.

Las fases de desarrollo son:

- Investigación y desarrollo inicial
- Pruebas preclínicas
- Pruebas I (primera fase de las pruebas clínicas)
- Pruebas II (segunda fase de las pruebas clínicas)

Si se cumplen todas las fases con éxito se puede lanzar el medicamento. Si el producto falla en alguna fase, se termina el desarrollo. Se deben cumplir con las metas de cada fase para continuar con la siguiente.

Los costos y tiempos de desarrollo de cada fase son:

Investigación y desarrollo inicial	
Costo	
Mejor	50
Peor	120
Mas probable	70
<i>Tiempo</i>	
Mejor	0.3
Peor	1.3
Mas probable	0.6
Probabilidad	
Mejor	0.6
Peor	0.4
Mas probable	0.5
Pruebas preclínicas	
Costo	
Mejor	10
Peor	30
Mas probable	15
<i>Tiempo</i>	
Mejor	0.5
Peor	2
Mas probable	1
Probabilidad	
Mejor	0.35
Peor	0.6
Mas probable	0.8

Pruebas I	
Costo	
Mejor	350
Peor	600
Mas probable	480
<i>Tiempo</i>	
Mejor	1
Peor	4
Mas probable	2
Probabilidad	
Mejor	0.4
Peor	0.75
Mas probable	0.5
Pruebas II	
Costo	
Mejor	350
Peor	600
Mas probable	420
<i>Tiempo</i>	
Mejor	1
Peor	4
Mas probable	2
Probabilidad	
Mejor	0.7
Peor	0.9
Mas probable	0.8

Nota: los costos están en miles de pesos

Por ejemplo, las pruebas preclínicas costarán \$10 000 en el mejor de los casos, \$30 000 en el peor y \$15 000 en el más probable. Esta fase durará en el mejor caso medio año, en el peor 2 años y 1 año en el más real. De igual manera se tienen las probabilidades de ocurrencia de estos escenarios.

Se puede suponer que estas variables son independientes una de otra. Es decir, altos costos de desarrollo no tendrán ningún efecto, ni en el tiempo ni en la probabilidad de éxito de una fase.

Para modelar el costo, el tiempo y la probabilidad de éxito de cada fase, se utilizarán variables aleatorias triangulares.

La función triangular sirve para estimar subjetivamente la distribución de la variable aleatoria, cuando todo lo que puede precisarse de la misma es el valor mínimo, el valor más probable y el máximo⁶. Sus propiedades estadísticas se derivan de su forma, no de una teoría subyacente. Es de definición intuitiva y de gran flexibilidad a geometrías posibles.

Por ejemplo para calcular el costo de la fase I, se utiliza la fórmula:

$$= RiskTriang(50,120,70) = 80$$

De igual manera se calculan las variables de tiempo y la probabilidad para todas las fases:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C
3			
4		Investigación y desarrollo inicial	
5		Costo	80.00
6		Mejor	50
7		Peor	120
8		Mas probable	70
9		Tiempo	0.7333
10		Mejor	0.3
11		Peor	1.3
12		Mas probable	0.6
13		Probabilidad	0.5000
14		Mejor	0.6
15		Peor	0.4
16		Mas probable	0.5

⁶ Parámetros: *Triang*(min,+*prob*,max)

Investigación y desarrollo inicial	
Costo	80.00
Mejor	50
Peor	120
Mas probable	70
<i>Tiempo</i>	0.7333
Mejor	0.3
Peor	1.3
Mas probable	0.6
Probabilidad	0.5000
Mejor	0.6
Peor	0.4
Mas probable	0.5
Pruebas preclínicas	
Costo	18.33
Mejor	10
Peor	30
Mas probable	15
<i>Tiempo</i>	1.1667
Mejor	0.5
Peor	2
Mas probable	1
Probabilidad	0.5833
Mejor	0.35
Peor	0.6
Mas probable	0.8

Pruebas I	
Costo	476.67
Mejor	350
Peor	600
Mas probable	480
<i>Tiempo</i>	2.3333
Mejor	1
Peor	4
Mas probable	2
Probabilidad	0.5500
Mejor	0.4
Peor	0.75
Mas probable	0.5
Pruebas II	
Costo	456.67
Mejor	350
Peor	600
Mas probable	420
<i>Tiempo</i>	2.3333
Mejor	1
Peor	4
Mas probable	2
Probabilidad	0.8000
Mejor	0.7
Peor	0.9
Mas probable	0.8

Cuando se llega a una fase, hay que calcular la probabilidad de que esta fase se logre. Para estos se utiliza la función binomial.

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

F5 =RiskBinomial(1,C13)

	A	B	C	D	E	F
1	* En miles de pesos					
2						
3						
4		Investigación y desarrollo inicial			Etapa	Éxito?
5		Costo	80.00		Inv y desarrollo inicial	1
6		Mejor	50		Pruebas preclínicas	1
7		Peor	120		Pruebas I	1
8		Mas probable	70		Pruebas II	1
9		<i>Tiempo</i>	0.7333			
10		Mejor	0.3			
11		Peor	1.3			
12		Mas probable	0.6			
13		Probabilidad	0.5000			
14		Mejor	0.6			
15		Peor	0.4			
16		Mas probable	0.5			

Hay que determinar todos los flujos de caja posibles, dependiendo del avance a través de las etapas. Aún si alguna de las fases falla, hay que pagar por ella. Por lo tanto el flujo de caja para la etapa de Investigación y Desarrollo es su mismo costo.

	E	F	G
3			
4	Etapa	Éxito?	Flujo de caja
5	Inv y desarrollo inicial	1	-80

Como la primera etapa pudo lograrse, se asumen los costos de la fase de Pruebas Preclínicas:

	E	F	G
3			
4	Etapa	Éxito?	Flujo de caja
5	Inv y desarrollo inicial	1	-80
6	Pruebas preclínicas	1	-18.33

Se asumen los costos de la fase de Pruebas I, si las fases de Investigación y Desarrollo y Pruebas Preclínicas tienen éxito:

	E	F	G
3			
4	Etapa	Éxito?	Flujo de caja
5	Inv y desarrollo inicial	1	-80
6	Pruebas preclínicas	1	-18.33
7	Pruebas I	1	-476.67

Y finalmente se incurre en el costo de las Pruebas II si y solo si las fases de Investigación y Desarrollo, Pruebas Preclínicas y Pruebas I tienen éxito:

	E	F	G
3			
4	Etapa	Éxito?	Flujo de caja
5	Inv y desarrollo inicial	1	-80
6	Pruebas preclínicas	1	-18.33
7	Pruebas I	1	-476.67
8	Pruebas II	1	-456.67

Los gastos son erogados hasta concluida la fase. Se calculan los tiempos acumulados de terminación de cada fase.

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

H7 $=H6+C22$ Pegar

	A	B	C	D	E	F	G	H
3								
4		Investigación y desarrollo inicial			Etapas	Éxito?	Flujo de caja	Tiempo
5		Costo	80.00		Inv y desarrollo inicial	1	-80	0
6		Mejor	50		Pruebas preclínicas	1	-18.33	0.7333
7		Peor	120		Pruebas I	1	-476.67	1.9000
8		Mas probable	70		Pruebas II	1	-456.67	4.2333
9		Tiempo	0.7333				Flujo de caja descontado	
10		Mejor	0.3					
11		Peor	1.3					
12		Mas probable	0.6					
13		Probabilidad	0.5000					
14		Mejor	0.6					
15		Peor	0.4					
16		Mas probable	0.5					
17		Pruebas preclínicas						
18		Costo	18.33					
19		Mejor	10					
20		Peor	30					
21		Mas probable	15					
22		Tiempo	1.1667					
23		Mejor	0.5					
24		Peor	2					
25		Mas probable	1					

Se calcula el valor presente de cada fase, utilizando la tasa de interés:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

I5 $=G5/(1+\$H\$2)^H5$

	E	F	G	H	I
3					
4	Etapas	Éxito?	Flujo de caja	Tiempo	Valor presente
5	Inv y desarrollo inicial	1	-80	0	-80
6	Pruebas preclínicas	1	-18.33	0.7333	-17.10
7	Pruebas I	1	-476.67	1.9000	-397.71
8	Pruebas II	1	-456.67	4.2333	-305.05

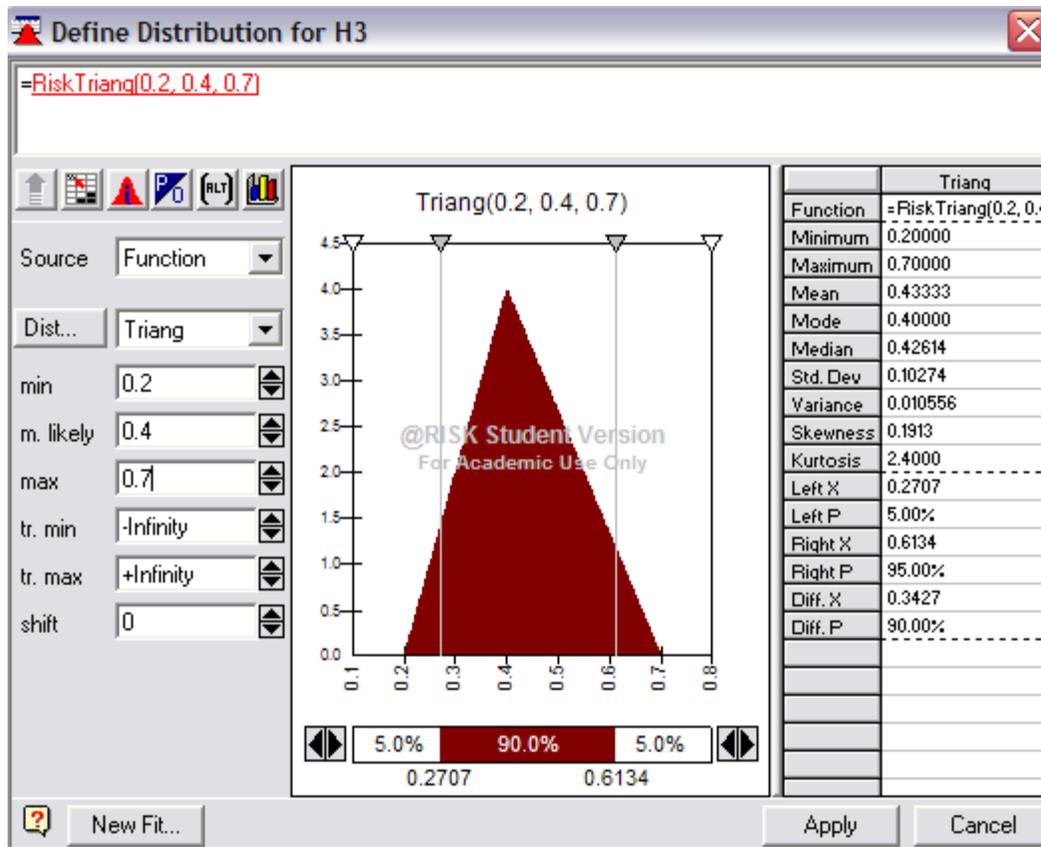
Y finalmente se suman estos valores para obtener el flujo de caja descontado total.

	E	F	G	H	I
3					
4	Etapa	Éxito?	Flujo de caja	Tiempo	Valor presente
5	Inv y desarrollo inicial	1	-80	0	-80
6	Pruebas preclínicas	1	-18.33	0.7333	-17.10
7	Pruebas I	1	-476.67	1.9000	-397.71
8	Pruebas II	1	-456.67	4.2333	-305.05
9			Flujo de caja descontado		-799.86

De esta forma el gasto del desarrollo del producto será de \$799 860.00. Las 4 fases de desarrollo fueron superadas, por lo que sí es conveniente lanzarlo al mercado.

Para saber el valor presente de las utilidades que la venta de este producto dejaría al final del quinto año, se planteara el modelo paso a paso, considerando los datos conocidos.

Primero se modelará la demanda mediante una variable aleatoria triangular. @Risk generará un volumen de mercado para el año 1 proporcional a la altura del triángulo.



La altura máxima de triángulo es 4, lo que da un área igual a 1. La probabilidad de que el mercado se encuentre dentro de un rango es igual al área del triángulo dentro de ese mismo rango. Por ejemplo: la probabilidad de que el mercado sea por lo menos 30% es:

$$= \frac{(0.3 - 0.2) * 4}{2} = 0.2$$

Se determina el tamaño total del mercado (población objetivo) para cada uno de los 5 años. El primer año el mercado es de 1 500 000; de acuerdo a los datos se pronostica un crecimiento de esta población de un 5% anual, con un grado de certeza del 95% que estará entre un 3% y un 7%. Suponiendo que el crecimiento anual está normalmente distribuido, la desviación estándar es de 0.01, porque la variable está a dos desviaciones estándar del promedio el 95% del tiempo.

	A	B	C	D	E	F
7						
8	Año	1	2	3	4	5
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38

Esta fórmula asegura que cada año habrá un 68% de posibilidad que el mercado crezca entre un 4% y 6%, un 95% entre 3% y 7%, y un 99.7% entre 2% y 8%⁷.

Posteriormente se obtiene la participación del mercado. Se conoce la estimación de la demanda el primer año, por lo tanto la participación se obtiene con una variable aleatoria triangular:

	E	F
3	Demanda menor	0.2
4	Demanda real	0.4
5	Demanda mayor	0.7

⁷ En una distribución normal:

El 68% de los datos se encuentran en: $(\bar{x} - s, \bar{x} + s)$

El 95% de los datos se encuentran en: $(\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s)$

El 99% de los datos se encuentran en: $(\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s)$

	A	B
7		
8	Año	1
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00
10	Participación de mercado	0.4333

A partir del segundo año, la participación depende de la entrada de nuevos competidores. Para modelar la entrada de competidores se usará la variable aleatoria binomial, que genera n muestras, cada una un éxito o fracaso, teniendo una probabilidad p de éxito. El valor de esta función es igual al número de éxitos.

Si se considera como éxito el hecho de que un competidor entre al mercado la función RiskBinomial simulará el número de nuevos competidores en un año, cuando aún quedan competidores por entrar. Recordando que si han entrado menos de 3 competidores, entonces cada competidor que no ha entrado tiene un 40% de probabilidad de entrar.

	A	B	C
8	Año	1	2
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00
10	Participación de mercado	0.4333	0.39
11	Competidores (principio de año)	0	1
12	Participantes	1	1

Los competidores al principio del siguiente año serán el número de nuevos competidores, más el número de participantes existentes.

Si se toma en cuenta que cada nuevo competidor reduce la participación en un 10%, entonces la participación de mercado del año 2 es:

$$(Participación \text{ año anterior})(1-(participantes \text{ año anterior})(tasa \text{ de interés}))$$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Precio	10	Probabilidad entrada participante	0.4	Tamaño mercado	1,500,000.00	Costo de operación	1.2
3	Costo de producción	4	% disminución por competencia	10%	Demanda menor	0.2	Costo de construcción	3.5
4					Demanda real	0.4	Producción	100,000
5	Tasa de interés	10%			Demanda mayor	0.7		
6								
7								
8	Año	1	2	3	4	5		
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38		
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351		
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2		
12	Participantes	1	1	0	0	0		

Para predecir las unidades vendidas, se utilizará el modelo Bass⁸ para ventas de un producto. Un procedimiento común es aplicar este modelo a productos que se asemejen a nuevos productos que van a ser lanzados al mercado.

El modelo asevera que:

$$n(t) = p(\bar{N} - N(t-1)) + \frac{qN(t-1)(\bar{N} - N(t-1))}{\bar{N}}$$

donde:

n(t)= Ventas del producto durante el periodo t.

N(t)=Ventas acumuladas del producto durante los periodos 1, 2,..., t.

\bar{N} =Número total de clientes en el mercado.

p = Coeficiente de innovación o influencia externa.

q = Coeficiente de imitación o influencia externa.

⁸ Ver Apéndice A

Basados en esto, se puede hacer una predicción de las ventas del producto durante los siguientes 5 años. Se aplicó el modelo Bass a 3 productos similares y se tienen los valores de los parámetros p y q de dichos productos:

Producto num.	p	q
1	0.4	0.53
2	0.3	0.1
3	0.35	0.2

Para estos productos también se tienen las proyecciones del mercado y los valores reales del mercado de 4 años anteriores:

Productos anteriores	Participación de mercado pronosticada	Participación real de mercado
Año -1	1,400,000.00	1,380,000.00
Año -2	1,500,000.00	1,460,000.00
Año -3	1,300,000.00	1,295,000.00
Año -4	1,800,000.00	1,720,000.00

Con base en estos datos se obtendrán el promedio y la desviación estándar, y así poder hacer las predicciones.

Primero se saca el cociente entre el valor real y el pronosticado y se obtiene el promedio.

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

D9 $\text{fx} = \text{PROMEDIO}(D5:D8)$

	A	B	C	D
3				
4	Productos anteriores	Participación de mercado pronosticada	Participación real de mercado	Real/Pronostico
5	Año -1	1,400,000.00	1,380,000.00	0.985714286
6	Año -2	1,500,000.00	1,460,000.00	0.973333333
7	Año -3	1,300,000.00	1,295,000.00	0.996153846
8	Año -4	1,800,000.00	1,720,000.00	0.955555556
9			Promedio	0.977689255

Para obtener el pronóstico no sesgado se multiplica el promedio obtenido por participación de mercado pronosticada:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

E6 $\text{fx} = \$D\$9*B6$

	A	B	C	D	E
3					
4	Productos anteriores	Participación de mercado pronosticada	Participación real de mercado	Real/Pronostico	Pronostico no sesgado
5	Año -1	1,400,000.00	1,380,000.00	0.985714286	1,368,764.96
6	Año -2	1,500,000.00	1,460,000.00	0.973333333	1,466,533.88
7	Año -3	1,300,000.00	1,295,000.00	0.996153846	1,270,996.03
8	Año -4	1,800,000.00	1,720,000.00	0.955555556	1,759,840.66
9			Promedio	0.977689255	

El porcentaje de error se obtiene a partir de la diferencia entre el pronóstico no sesgado y la participación real de mercado:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

F6 fx =C6/E6

	A	B	C	D	E	F
3						
4	Productos anteriores	Participación de mercado pronosticada	Participación real de mercado	Real/Pronostico	Pronostico no sesgado	Error %
5	Año -1	1,400,000.00	1,380,000.00	0.985714286	1,368,764.96	1.008208161
6	Año -2	1,500,000.00	1,460,000.00	0.973333333	1,466,533.88	0.995544677
7	Año -3	1,300,000.00	1,295,000.00	0.996153846	1,270,996.03	1.018885951
8	Año -4	1,800,000.00	1,720,000.00	0.955555556	1,759,840.66	0.977361212
9			Promedio	0.977689255		

Se calcula la desviación estándar y el promedio de los porcentajes de error:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

F9 fx =DESVEST(F5:F8)

	A	B	C	D	E	F
3						
4	Productos anteriores	Participación de mercado pronosticada	Participación real de mercado	Real/Pronostico	Pronostico no sesgado	Error %
5	Año -1	1,400,000.00	1,380,000.00	0.985714286	1,368,764.96	1.008208161
6	Año -2	1,500,000.00	1,460,000.00	0.973333333	1,466,533.88	0.995544677
7	Año -3	1,300,000.00	1,295,000.00	0.996153846	1,270,996.03	1.018885951
8	Año -4	1,800,000.00	1,720,000.00	0.955555556	1,759,840.66	0.977361212
9			Promedio	0.977689255	Desv estand	0.017855136
10					Promedio	1

Se proyecta que el tamaño del mercado para el primer año es de 1 500 000.

Se simula el valor de \bar{N} como una variable aleatoria normal con

$$media = (PM^9)(Prom R/P^{10}) \text{ y}$$

$$desviación estándar = (desv. est. \% error)(PM)(Prom R/P).$$

⁹ PM = Pronóstico de Mercado

¹⁰ Promedio participación Real/Pronóstico

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

C19 =RiskNormal(B19*D9,F9*B19*D9)

	A	B	C	D	E	F
3						
4	Productos anteriores	Participación de mercado pronosticada	Participación real de mercado	Real/Pronostico	Pronostico no sesgado	Error %
5	Año -1	1,400,000.00	1,380,000.00	0.985714286	1,368,764.96	1.008208161
6	Año -2	1,500,000.00	1,460,000.00	0.973333333	1,466,533.88	0.995544677
7	Año -3	1,300,000.00	1,295,000.00	0.996153846	1,270,996.03	1.018885951
8	Año -4	1,800,000.00	1,720,000.00	0.955555556	1,759,840.66	0.977361212
9			Promedio	0.977689255	Desv estand	0.017855136
10					Promedio	1
11						
12		Producto num	p	q		
13		1	0.4	0.53		
14		2	0.3	0.1		
15		3	0.35	0.2		
16						
17						
18	Nuevo producto	Pronóstico de mercado	Nbar			
19		1,500,000.00	1,466,533.88			

Se escoge aleatoriamente, mediante la función uniforme, un producto similar que se utilizará para generar los parámetros del Bass:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

D19 =RiskDuniform(B13:B15)

	A	B	C	D
11				
12		Producto num	p	q
13		1	0.4	0.53
14		2	0.3	0.1
15		3	0.35	0.2
16				
17				
18	Nuevo producto	Pronóstico de mercado	Nbar	Bass #
19		1,500,000.00	1,466,533.88	2

Se hace una búsqueda de los parámetros p y q del producto seleccionado:

	A	B	C	D	E	F
11						
12		Producto num	p	q		
13		1	0.4	0.53		
14		2	0.3	0.1		
15		3	0.35	0.2		
16						
17						
18	Nuevo producto	Pronóstico de mercado	Nbar	Bass #	p	q
19		1,500,000.00	1,466,533.88	2	0.3	0.1

Ahora se calcula todas las variables necesarias para obtener el resultado del modelo:

Para el año 0 se hace $N(0)=0$, y $\bar{N} = 1\,466\,533.88$.

Para el año 1:

$$n(1) = p(\bar{N} - N(0)) + \frac{qN(0)(\bar{N} - N(0))}{\bar{N}} = 439960.16 ,$$

$$N(1) = N(0) + n(1) = 439960.16 \text{ y}$$

$$\bar{N} - N(1) = \bar{N} - N(1) = 1026573.72$$

Y se sigue el mismo procedimiento para los siguientes años.

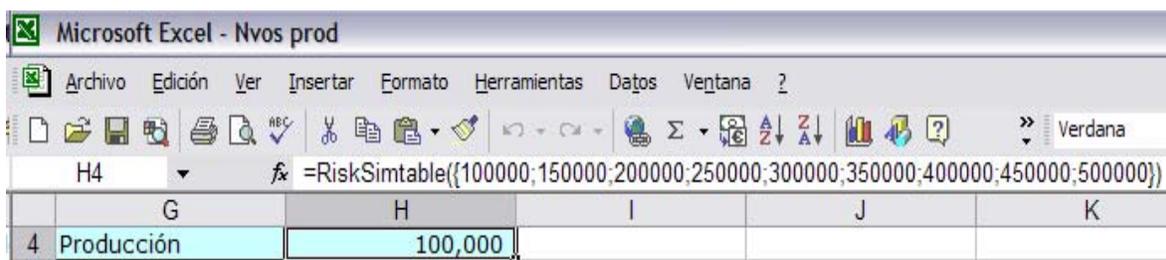
	A	B	C	D	E	F
16						
17						
18	Nuevo producto	Pronóstico de mercado	Nbar	Bass #	p	q
19		1,500,000.00	1,466,533.88	2	0.3	0.1
20	Ventas simuladas	Pronóstico de mercado	Nbar	N(t)	Nbar-N(t)	n(t)
21	Año 0			0	1,466,533.88	
22	Año 1	1,500,000.00	1,466,533.88	439,960.16	1,026,573.72	439,960.16
23	Año 2	1,575,000.00	1,539,860.58	777,262.96	762,597.62	337,302.79
24	Año 3	1,653,750.00	1,616,853.61	1,042,702.27	574,151.34	265,439.31
25	Año 4	1,736,437.50	1,697,696.29	1,250,211.27	447,485.01	207,509.01
26	Año 5	1,823,259.38	1,782,581.10	1,415,841.09	366,740.01	165,629.82
27						

Se define cada $n(t)$ como variable de salida para obtener la simulación de las ventas de cada uno de los 5 años. Se corre la simulación por 10 000 iteraciones y se obtiene:

Detailed Statistics					
Name	Año 1 / n(t)	Año 2 / n(t)	Año 3 / n(t)	Año 4 / n(t)	Año 5 / n(t)
Description	Output	Output	Output	Output	Output
Cell	E16	E17	E18	E19	E20
Minimum	405644.5	288142.7	226059.5	8081.541	-27398.44
Maximum	620687.6	586165.1	416753.2	262015.5	218818.3
Mean	513967.8	422497.3	294252.3	186405.5	135409.9
Std Deviation	60678.03	81734.95	30103.09	34576.44	39040.37
Variance	3.681823E+09	6.680602E+09	9.06196E+08	1.19553E+09	1.52415E+09
Skewness	-2.919771E-03	0.4186991	0.6703879	-1.066081	-1.004263
Kurtosis	1.560742	1.571057	2.87963	3.56463	3.414523
Errors Calculated	0	0	0	0	0

Con lo que se obtiene el estimado de ventas para cada año. Estos valores son para la totalidad del mercado, por lo tanto, para tener las ventas solo del medicamento a lanzar, se multiplica el volumen de ventas por la participación de mercado que ya se había obtenido.

Ahora se probarán los niveles de capacidad entre 100 000 y 500 000; para esto se utiliza la función RiskSimTable, que usará 100 000 para la primera simulación, 150 000 para la segunda y así sucesivamente.



Para asegurarse de que las unidades vendidas no excedan la producción anual, se ajusta el número de unidades vendidas:

The screenshot shows the following table in Excel:

	A	B	C	D	E	F
7						
8	Año	1	2	3	4	5
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2
12	Participantes	1	1	0	0	0
13	Unidades vendidas	100,000	100,000	93,169	72,836	58,136

The formula bar shows: `=MIN(H4,'Pronostico ventas'!F24*D10)`

Los ingresos son únicamente el precio de venta del producto por las unidades vendidas. Y los costos de producción, el producto del costo de producción por las unidades vendidas:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

D14 = $\$B\$2*\$D13$

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Precio	10	Probabilidad entrada participante	0.4	Tamaño mercado	1,500,000.00
3	Costo de producción	4	% disminución por competencia	10%	Demanda menor	0.2
4					Demanda real	0.4
5	Tasa de interés	10%			Demanda mayor	0.7
6						
7						
8	Año	1	2	3	4	5
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2
12	Participantes	1	1	0	0	0
13	Unidades vendidas	100,000	100,000	93,169	72,836	58,136
14	Ingresos	1,000,000.00	1,000,000.00	931,691.97	728,356.61	581,360.65
15	Costos	400,000.00	400,000.00	372,676.79	291,342.65	232,544.26

Los costos de construcción y operación se calculan multiplicando el precio de construcción por la producción, y el precio de operación por la producción, respectivamente. El costo de construcción sólo es para el primer año.

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

B17 = $\$H\$4*\$H\2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Precio	10	Probabilidad entrada participante	0.4	Tamaño mercado	1,500,000.00	Costo de operación	1.2
3	Costo de producción	4	% disminución por competencia	10%	Demanda menor	0.2	Costo de construcción	3.5
4					Demanda real	0.4	Producción	100,000
5	Tasa de interés	10%			Demanda mayor	0.7		
6								
7								
8	Año	1	2	3	4	5		
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38		
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351		
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2		
12	Participantes	1	1	0	0	0		
13	Unidades vendidas	100,000	100,000	93,169	72,836	58,136		
14	Ingresos	1,000,000.00	1,000,000.00	931,691.97	728,356.61	581,360.65		
15	Costos	400,000.00	400,000.00	372,676.79	291,342.65	232,544.26		
16	Costo de adquisición	350,000.00						
17	Costos de adquisición y mantenimiento	120,000.00	120,000	120,000.00	120,000	120,000.00		

Finalmente, a todas estas variables se les suma los gastos erogados del proceso de desarrollo de producto.

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

B18 =Desarrollo!9*1000

	A	B	C	D	E	F
7						
8	Año	1	2	3	4	5
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2
12	Participantes	1	1	0	0	0
13	Unidades vendidas	100,000	100,000	93,169	72,836	58,136
14	Ingresos	1,000,000.00	1,000,000.00	931,691.97	728,356.61	581,360.65
15	Costos	400,000.00	400,000.00	372,676.79	291,342.65	232,544.26
16	Costo de adquisición	350,000.00				
17	Costos de adquisición y mantenimiento	120,000.00	120000	120,000.00	120000	120,000.00
18	Costo investigación y desarrollo	- 799,857.16				

Ahora ya se pueden obtener las utilidades anuales, éstas se calculan sumando los ingresos y restando los gastos de cada año:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

B19 =B14-B15-B17+B18-B16

	A	B	C	D	E	F
7						
8	Año	1	2	3	4	5
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2
12	Participantes	1	1	0	0	0
13	Unidades vendidas	100,000	100,000	93,169	72,836	58,136
14	Ingresos	1,000,000.00	1,000,000.00	931,691.97	728,356.61	581,360.65
15	Costos	400,000.00	400,000.00	372,676.79	291,342.65	232,544.26
16	Costo de adquisición	350,000.00				
17	Costos de adquisición y mantenimiento	120,000.00	120000	120,000.00	120000	120,000.00
18	Costo investigación y desarrollo	- 799,857.16				
19	Utilidad	- 669,857.16	480,000.00	439,015.18	317,013.97	228,816.39

Y se calcula el valor presente de las utilidades descontadas a la tasa de interés. Esta será la celda de salida de la simulación, en este caso en el cuadro de diálogo de las opciones de simulaciones se deben escoger 9 simulaciones, ya que son el número de opciones que se tienen para la producción:

Microsoft Excel - Nvos prod

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

B21 =RiskOutput() + VNA(B5,B19:F19)

	A	B	C	D	E	F
7						
8	Año	1	2	3	4	5
9	Tamaño del mercado	1,500,000.00	1,575,000.00	1,653,750.00	1,736,437.50	1,823,259.38
10	Participación de mercado	0.4333	0.39	0.351	0.351	0.351
11	Competidores (principio de año)	0	1	2	2	2
12	Participantes	1	1	0	0	0
13	Unidades vendidas	100,000	100,000	93,169	72,836	58,136
14	Ingresos	1,000,000.00	1,000,000.00	931,691.97	728,356.61	581,360.65
15	Costos	400,000.00	400,000.00	372,676.79	291,342.65	232,544.26
16	Costo de adquisición	350,000.00				
17	Costos de adquisición y mantenimiento	120,000.00	120000	120,000.00	120000	120,000.00
18	Costo investigación y desarrollo	- 799,857.16				
19	Utilidad	- 669,857.16	480,000.00	439,015.18	317,013.97	228,816.39
20						
21	Utilidad esperada	\$476,173.55				
22						

Simulation Settings

Iterations | Sampling | Macros | Monitor

Iterations: 10000 # Simulations: 9

General

Update Display

Pause On Error In Outputs

Use Multiple CPUs

Minimize @RISK and Excel when Simulation Starts

Save as Default

OK Cancel



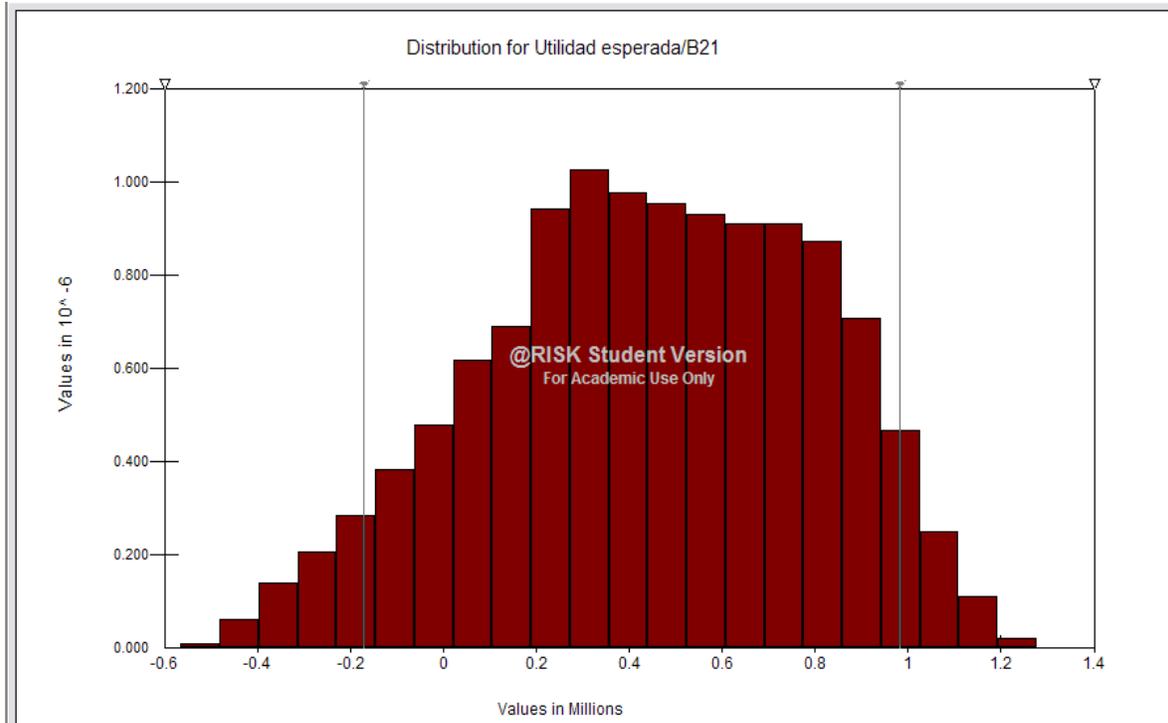
	Libro2	Libro2	Libro2
Name	Utilidad esperada	Utilidad esperada	Utilidad esperada
Description	Output (Sim#1)	Output (Sim#2)	Output (Sim#3)
Cell	Utilidad esperada!B21	Utilidad esperada!B21	Utilidad esperada!B21
Minimum	-301059.5	-515324.6	-742771.8
Maximum	1434225	1955275	2223663
Mean	857612.4	976356.9	928244.6
Std Deviation	308897.8	394214.1	485982.7
Variance	9.541781E+10	1.554047E+11	2.361792E+11
Skewness	-0.6909323	-0.4460386	-0.2805165
Kurtosis	2.868076	2.882906	2.679286
Errors Calculated	0	0	0

	Libro2	Libro2	Libro2
Name	Utilidad esperada	Utilidad esperada	Utilidad esperada
Description	Output (Sim#4)	Output (Sim#5)	Output (Sim#6)
Cell	Utilidad esperada!B21	Utilidad esperada!B21	Utilidad esperada!B21
Minimum	-970219.1	-1197666	-1425114
Maximum	2359841	2296637	2378811
Mean	783870.6	587861.1	368939.9
Std Deviation	559244.5	601333.2	616690.2
Variance	3.127544E+11	3.616016E+11	3.803068E+11
Skewness	-6.897634E-02	0.1228376	0.2198688
Kurtosis	2.531686	2.636312	2.788098
Errors Calculated	0	0	0

	Libro2	Libro2	Libro2
Name	Utilidad esperada	Utilidad esperada	Utilidad esperada
Description	Output (Sim#7)	Output (Sim#8)	Output (Sim#9)
Cell	Utilidad esperada!B21	Utilidad esperada!B21	Utilidad esperada!B21
Minimum	-1652561	-1880008	-2107455
Maximum	2390000	2162553	1935106
Mean	142769.8	-84671.17	-312118.4
Std Deviation	619555.3	619570.6	619570.6
Variance	3.838488E+11	3.838677E+11	3.838677E+11
Skewness	0.2439159	0.2440487	0.2440487
Kurtosis	2.846868	2.847178	2.847178
Errors Calculated	0	0	0

Con esto se puede observar que la producción que maximiza la utilidad es 150 000 unidades producidas.

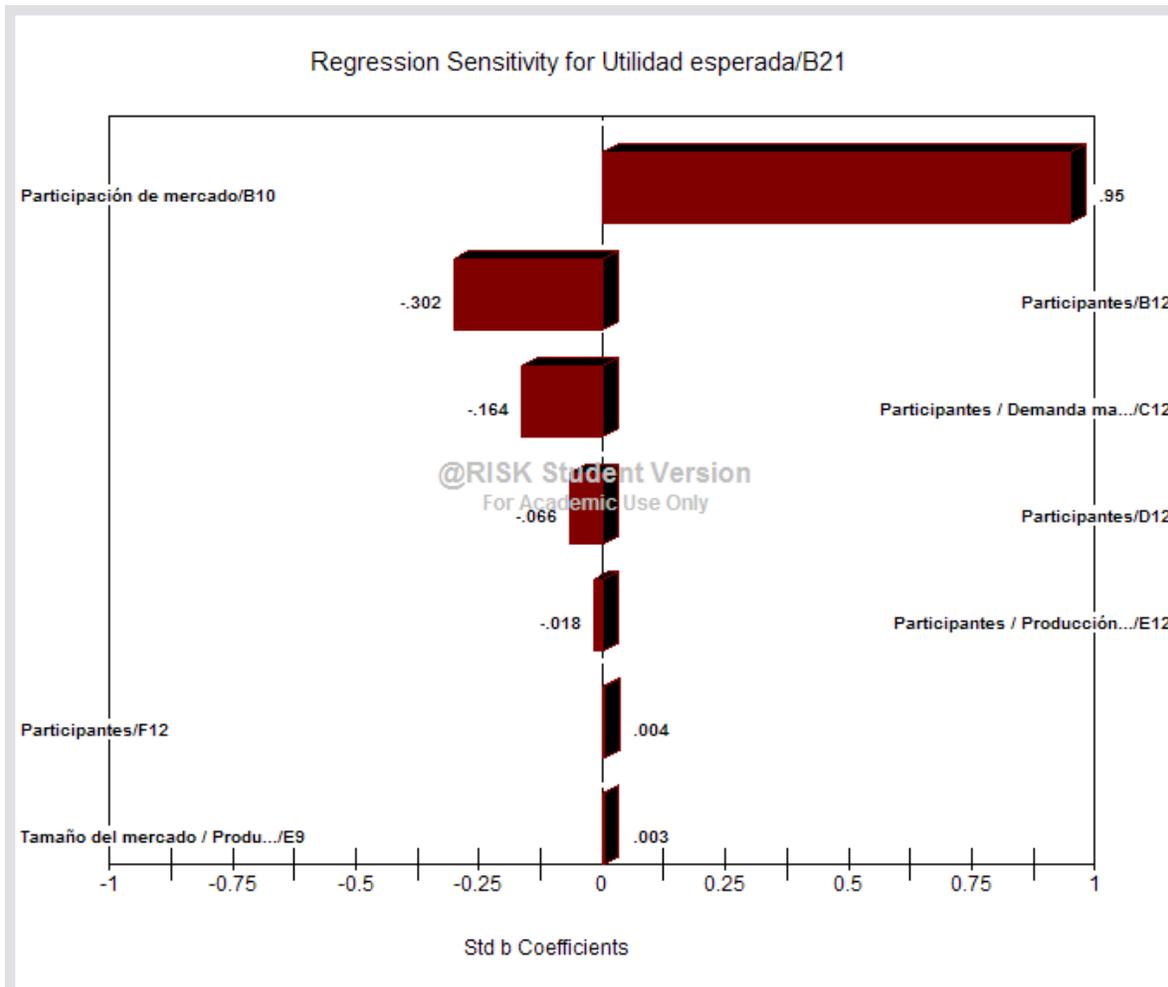
Para esta producción, el intervalo de confianza del 95% para la media de la utilidad es: $968\ 472.62 < x < 984\ 241.18$. Para apreciar la variabilidad del valor presente de las utilidades se puede graficar la distribución de las mismas:



En la gráfica, en el eje x se muestran los valores que puede tomar la utilidad, y en el eje y la frecuencia relativa de esos valores.

Usando el análisis de sensibilidad del @Risk se puede saber qué factores tienen la mayor influencia en el éxito del proyecto.

Primero se observa el gráfico de tornado regresivo:



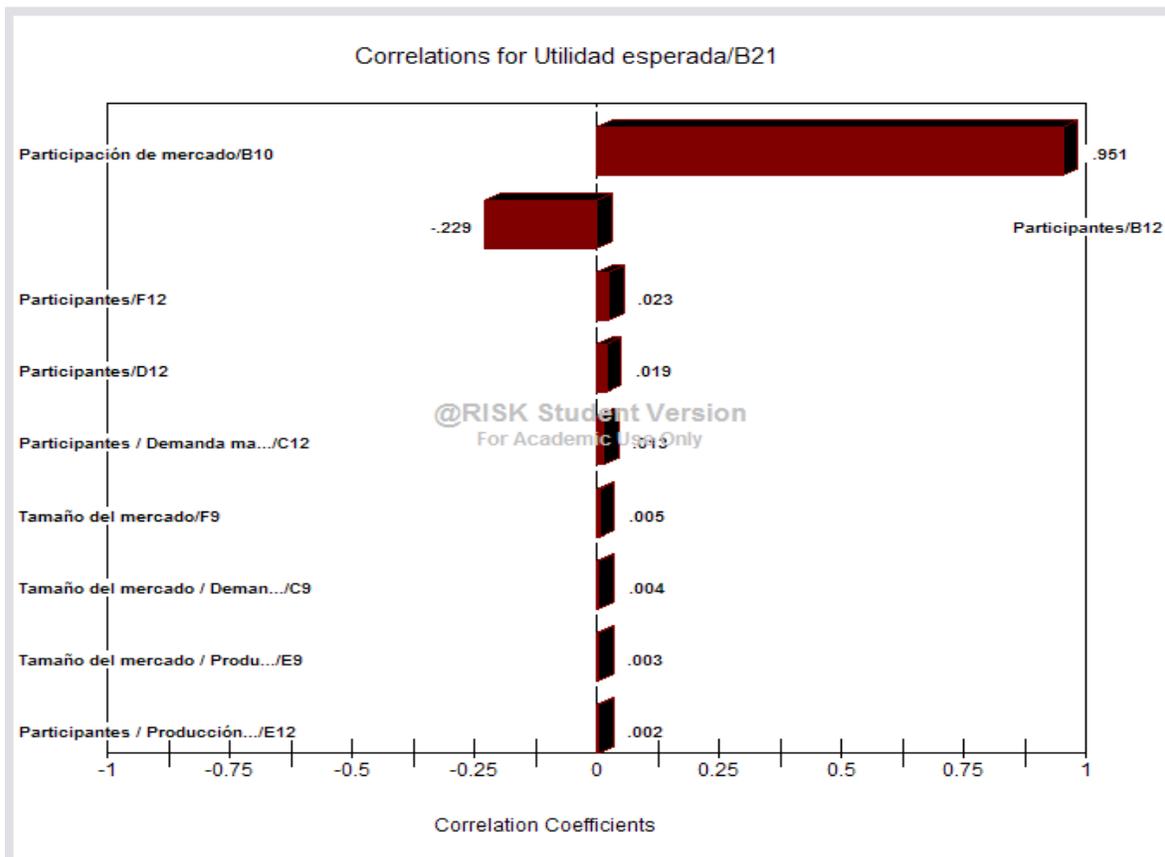
Aquí se pueden observar las variables que intervienen en el modelo y la importancia que tienen en el resultado:

- Un incremento de una desviación estándar en la participación de mercado en el año 1, aumenta el valor presente de las utilidades en un 0.95% de desviación estándar.

- Un incremento de una desviación estándar en el número de participantes en el año 1, disminuye el valor presente de las utilidades en un 0.30% de desviación estándar.
- El incremento de participantes en los años subsecuentes, también tiene ingerencia en la disminución de las utilidades, aunque en menor medida cada año.
- Las demás variables tienen poca importancia.

Cuando se utilizan gráficos de tornado, @Risk construye una regresión lineal con cada variable dependiente, siendo cada iteración una observación. La variable dependiente, es la celda salida y las variables independientes, cada función aleatoria que interviene en el modelo.

Gráfico de tornado de correlación:



En esta gráfica se puede observar las variables que guardan la mayor correlación con el Valor Presente de las utilidades. En este caso la variable con mayor correlación es la participación de mercado del año 1(0.951), le sigue participantes del primer año (-0.229). El resto de las variables tienen poca importancia.

APÉNDICE

MODELO BASS PARA VENTAS DE UN PRODUCTO

El modelo Bass¹ fue diseñado para predecir las ventas de un producto nuevo, trata de la difusión y de la adopción del mismo, y precisa el conocimiento de los procesos relacionados con el ciclo de vida del producto.

El modelo sirve para explicar y predecir el proceso de adopción de un producto nuevo o de su innovación a lo largo del tiempo, tiempo que coincide con el ciclo de vida del producto. Es aplicable en el tratamiento de productos de consumo duradero, para los cuales el tiempo que transcurre entre la primera compra y las compras de reposición es extenso.

La aportación de Bass fue que asumió que el proceso de difusión estimula las primeras compras de las personas que son capaces de detectar las ventajas competitivas que ofrece un nuevo producto sobre los ya existentes.

Supone que entre los adoptadores de un producto nuevo hay dos tipos:

1. Innovadores. Grupo ligado al número de personas que todavía no han adoptado el producto. Acepta el producto porque considera que sus ventajas competitivas son mayores que las de otros productos similares que ya conoce. Estas personas responden a influencias externas (medios de comunicación). Este componente es independiente del número de personas que ya han adoptado el producto

¹ Modelo de difusión o de primeras compras

2. Imitadores. Grupo ligado al número de interacciones entre los adoptadores previos. Representa la difusión del producto a través del mercado por la comunicación de los que ya conocen el producto en cuestión. Refleja el hecho de que los adoptadores previos hablan a los no adoptadores acerca del producto y, por ende, se generan nuevas opciones.

En el modelo de Bass se emplean los coeficientes p y q que se conocen como: p coeficiente de innovación y q coeficiente de imitación; también toma en cuenta la dimensión del mercado.

La ecuación del modelo es:

$$n(t) = p(\bar{N} - N(t-1)) + \frac{qN(t-1)(\bar{N} - N(t-1))}{\bar{N}}$$

donde:

$n(t)$ = Ventas del producto durante el periodo t.

$N(t)$ = Ventas acumuladas del producto durante los periodos 1, 2, ..., t.

\bar{N} = Número total de clientes en el mercado.

p = Coeficiente de innovación o influencia externa.

q = Coeficiente de imitación o influencia externa.

CONCLUSIONES

En la actualidad, los gerentes fundamentan la toma de sus decisiones y las estrategias a seguir en resultados que arrojan procesos de aplicación de métodos científicos, en particular matemáticos, que hasta hace poco tiempo eran ajenos al mundo de los negocios.

Las técnicas de análisis de riesgo han sido reconocidas como herramientas poderosas para ayudar a manejar exitosamente situaciones de incertidumbre. Anteriormente su uso había sido limitado por ser costosas, complicadas en su manejo y aplicación y por requerir avanzadas habilidades computacionales. Sin embargo, la evolución del uso de computadoras en los negocios ofrece la promesa de que estas técnicas pueden estar disponibles para cualquier tipo de empresa y así estar mejor preparados para tomar decisiones adecuadas que mitiguen o anulen el riesgo.

El avance tecnológico, ha permitido la resolución de problemas complejos de gran cantidad de datos y complicadas representaciones gráficas. De allí la necesidad de recurrir a sistemas que garanticen eficiencia y eficacia. Es este el punto de partida para que se recurra al uso de modelos matemáticos, que si bien poseen naturaleza abstracta, permiten a los encargados de tomar decisiones, representar situaciones reales y extraer conclusiones.

En un modelo no se conocen con certeza los valores que pueden tomar las variables involucradas. Bajo un enfoque tradicional, se puede obtener una idea sobre el rango de valores que puede tomar una determinada variable aleatoria, pero sin considerar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de esos valores, es decir no se llega a describir el comportamiento de dicha variable en términos de una distribución de probabilidad. Para estos casos son útiles las simulaciones.

El uso de nuevos programas, como @Risk, que utilizan la simulación como herramienta, brindan sustanciales mejoras en cuanto a riqueza y profundidad de análisis a la hora de evaluar una situación de incertidumbre. Dan la oportunidad de poder abarcar mayor cantidad de información y tener mejor control de ella.

Además de los casos presentados, @Risk puede ayudar a manejar y cuantificar la incertidumbre en situaciones como:

- ✓ Adquisiciones y/o fusiones de empresas
- ✓ Preparación de proyecciones de información contable y financiera
- ✓ Estimación de precios futuros de acciones, otros instrumentos financieros derivados, y similares
- ✓ Estimación del tipo de cambio
- ✓ Modelización de procesos productivos e industriales
- ✓ Valor en riesgo

Las ventajas de @Risk para en la ejecución de la simulación, son:

- Se pueden utilizar dos tipos de muestreo: Hipercubo Latino o Monte Carlo
- Se puede realizar un amplio número de iteraciones por simulación
- Se puede varias simulaciones en un mismo análisis

Los dos métodos utilizados en @Risk –Monte Carlo e Hipercubo Latino– difieren en el número de iteraciones necesarias para que los valores simulados se aproximen a las distribuciones.

- Monte Carlo utiliza la técnica tradicional cuantitativa de usar números aleatorios para el muestreo.
- Hipercubo Latino utiliza muestreo estratificado.

El concepto de convergencia se puede usar para probar estos métodos de muestreo. Al punto de convergencia, las distribuciones son estables (iteraciones adicionales no representan cambios importantes en las estadísticas de la distribución).

Así como hay beneficios, también hay limitaciones. En la realidad, muchas cosas no suceden como se planean. Tal vez se fue muy conservador con algunas estimaciones o muy optimista con otras. La combinación de todos los errores normalmente lleva a una situación muy diferente a la estimada. Se debe de actuar con cautela ya que la decisión que se toma, basada en el resultado esperado, puede ser equivocada o bien, una decisión que no se hubiera tomado de haber considerado todas las posibilidades, se debe tener información al día de todo lo que suceda alrededor, que pueda afectar a la empresa.

Debe de recordarse que, aún con un intervalo de confianza del 99% suceden eventos inusuales y algunas veces ocurren con furia, por lo tanto los resultados deben ser considerados sólo como una aproximación de primer orden, el hecho de que el valor es generado a partir de un método estadístico no debe ocultar que se trata solo de una estimación, por lo que los usuarios no debe confiarse sino deben reconocer las limitantes.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Options, Futures and other Derivatives
John C. Hull
Prentice Hall
5a. edición, 2003
- Financial Models with Simulation and Optimization
Wayne Winston
Palisade Corporation
2a. edición, 2006
- Financial Models with Simulation and Optimization II
Wayne Winston
Palisade Corporation
2006
- Finanzas
Zvie Bodie & Robert Merton
Prentice Hall
1a. edición, 2003
- Guide to using @Risk. Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft Excel
Palisade Corporation
2005
- Simulation Modeling and Analysis:
Law, A.M. & Kelton, W.D.
McGraw- Hill
2000.

Ensayos:

- La Simulación como Herramienta para el Manejo de la Incertidumbre
Fabián Fiorito
Universidad del CEMA
- Simulación de Monte Carlo y Valoración de Compañías
Carlos Maquieira V.
Director Escuela de Postgrado. Universidad de Chile
- El Desarrollo de Nuevos Productos
Carlos F. Ostertag
Proyecto Agroempresas Industriales CIAT

- Latin Hypercube Sampling
Iman, R.L., Davenport, J.M. & Zeigler, D.K.

Páginas Web:

- Palisade Corporation: www.palisade.com
- MexDer: www.mexder.com.mx
- Banco de México: www.banxico.org.mx
- Libro electrónico sobre la simulación de Monte Carlo:
<http://csep1.phy.ornl.gov/mc/mc.html>
- Modelo Bass de predicción de la expansión comercial:
www.12manage.com/methods_bass_curve_diffusion_innovation_es.html