UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COBERTURA DE INVERSIÓN Y SENSIBILIDAD DE LAS OPCIONES: EL MexDer Y LOS ÍNDICES "LETRAS GRIEGAS"

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

P R E S E N T A :

DOMÍNGUEZ VILLANUEVA JANET

TUTOR:

DR. EDGAR ORTIZ CALISTO

2006

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Sergio Fuentes Maya

Secretario: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

Vocal: Dr. Edgar Ortiz Calisto

1er. Suplente: M.I. Rubén Téllez Sánchez

2do. Suplente: M.Met.Mat. Víctor Hugo Ibarra Mercado

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

México, DF.
Facultad de Ingeniería, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Edgar Ortiz Calisto

____
FIRMA

*“Los problemas significativos que
afrontamos no pueden resolverse
en el mismo nivel de pensamiento
en el que estábamos cuando los creamos”*

Albert Einstein.

Para mi familia.

AGRADECIMIENTOS.

- Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme formar parte de este programa de posgrado y con ello ayudarme a lograr mis objetivos.
- A cada uno de los miembros del jurado, por formar parte de este proceso y por sus aportaciones al trabajo.

  Dr. Sergio Fuentes Maya

  Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

  Dr. Edgar Ortiz Calisto

  M.I. Rubén Téllez Sánchez

  M.Met.Mat. Víctor Hugo Ibarra Mercado
- A CONACYT por darme la oportunidad de ser becaria y así poder estudiar la Maestría.
- A mi mamá y a mi papá, quienes sé que me aman y que cuento con ellos hasta el final, ¡Los amo! Gracias por apoyarme en mis decisiones.
- A mis súper hermanos que saben soportarme y tolerarme sobre todo saben vivir con mi locura.¡Los quiero!
- A Eduardo, gracias por aguantarme, escucharme, apoyarme y creer en mi siempre. En especial a RayitoCel que corrió en mi auxilio las veces que fue necesario, que fueron muchas en este periodo. ¡Te amo!
- A mi asesor de tesis, Dr. Edgar Ortiz Calisto. Por su participación en este trabajo.
- Y en especial al Maestro Víctor Hugo Ibarra, quien me apoyó con este trabajo a pesar de las circunstancias. ¡Muchas gracias por su tiempo y sobre todo por su confianza!

Índice

INTRODUCCIÓN.

En el mundo global, como el del presente, el ámbito financiero cambia constante y aceleradamente. Así los inversionistas están expuestos a múltiples riesgos y deben recurrir a diversas alternativas para proteger su patrimonio y asegurar sus ganancias.

Entre los diferentes instrumentos de cobertura con los que se cuentan se encuentran los Derivados, instrumentos financieros vinculados a un valor subyacente, que funge como instrumento de cobertura ante las fluctuaciones de precios. Desarrollados a partir de 1972, principalmente a raíz de la caída del sistema de Bretton Woods de paridades fijas, han ganado una gran posición en países de primer nivel por su eficacia y las grandes ventajas que ofrecen tales como su cobertura y su contribución a la liquidez, estabilidad y profundidad de los mercados financieros, permitiendo de esta manera diversificar inversiones y administrar riesgos.

México ya cuenta con un mercado de derivados, el MexDer, creado como respuesta a los retos de su desarrollo y a la internacionalización de su mercado financiero. El gobierno y la iniciativa privada concurrieron para la creación de este mercado considerando que México es un país en el cual las inversiones se ven amenazadas por las fluctuaciones de mercado; colaboraron para crearlo luego de la crisis de diciembre de 1994, iniciado con la macro devaluación que llevó a la quiebra a muchas empresas y a la ruina a diversos inversionistas; su inicio tuvo lugar el 15 de diciembre de 1998.

El Mercado de Derivados en México es reciente, comparado con el tiempo que ha operado en países como Estados Unidos de América. Por tal motivo, es necesario que se analice la naturaleza de sus operaciones y riesgos involucrados.

Dentro de los instrumentos de cobertura que maneja el MexDer se encuentran los futuros y las opciones. Estas últimas son el contrato más reciente dentro del MexDer y tema central de esta tesis; otorgan diversos beneficios a su poseedor por lo que es importante conocer su funcionamiento. Es un instrumento que debido a su reciente aparición, en México, no es de los más utilizados en el país; sin embargo es de los temas que más se estudian y trabajan desde hace tiempo en otros países de primer nivel.

Al negociar con este tipo de contratos no siempre se tiene seguro el éxito sobre el contrato, por lo que para analizar lo que pasaría bajo diferentes escenarios con un contrato de opciones se elabora un análisis hecho a través de “las griegas”, parámetros que permiten medir la sensibilidad del contrato de opción y de esta manera el inversionista puede usarlos adecuadamente para optimizar sus portafolios.

Esta tesis parte de la siguiente hipótesis: “El análisis de sensibilidad de opciones analizando el precio del contrato a través de letras griegas, permite a los inversionistas optimizar sus inversiones y su posición en el mercado protegiéndolos de contingencias que éste último pueda presentar en el periodo de vida de la opción”.

En este trabajo se analizará el mercado de opciones en 5 capítulos en los cuales de desarrollarán diferentes aspectos de este tipo de contratos. En el primer capítulo se describirán los diferentes tipos de riesgo conocidos, presentándolos como el motivo principal de la aparición de este tipo de contratos. En el segundo capítulo se examinan los fundamentos del mercado de opciones y sus aspectos generales. En el tercer capítulo se describen los diferentes tipos de subyacentes con los que puede emitirse un contrato de opción; especificando los tipos que maneja el mercado mexicano. El cuarto capítulo presenta los diferente métodos a través de los cuales una opción puede ser valuada y se muestran ejemplos con el método de Black y Scholes utilizando datos de opciones sobre IPC en el MexDer. Finalmente en el quinto capítulo se desarrolla el análisis de sensibilidad de opciones a través de las griegas, se explica qué son y como funcionan, para terminar con un análisis de las opciones sobre IPC en el mercado mexicano. Por último, en las conclusiones, se analiza el futuro de las opciones dentro del país y los resultados obtenidos en este trabajo.

Para desarrollar las partes teóricas e institucionales se utilizaron fuentes de otros países, libros, textos y artículos traducidos al español; las referencias más frecuentes provienen de EUA y España. Para la explicación y análisis empíricos se recurrió a información que publican las instituciones que manejan estos instrumentos en México: Mercado Mexicano de Derivados (MexDer), Asigna (Cámara de compensación y liquidación) y la Bolsa Mexicana de Valores (BMV).

CAPÍTULO 1

EL RIESGO Y SUS TIPOS DE COBETURA

1.1 RIESGO EN LAS FINANZAS

La palabra riesgo se atribuye a las contingencias que puedan presentarse o el peligro de la seguridad existente al llevar a cabo determinada acción. Se define como “La posibilidad de que el valor o retorno real de una inversión sea diferente del esperado”[1], es decir, que ocurra algo indeseable.

El riesgo puede ser medido a través de una probabilidad[2] o puede ser imprevisible.

Económicamente, el riesgo permite comprender la manera en la cual habrán de obtenerse las ganancias en un entorno competitivo. Cualquier forma de actividad empresarial implica varios tipos de riesgo, diferentes en su intensidad y en el grado de predicción.

En Finanzas, toda inversión conlleva un riesgo, se sabe que si no se arriesga no se tendrán beneficios. De aquí que a mayor riesgo mayor ganancia; sin embargo, esto no significa que se deba apostar por propuestas muy riesgosas si esto implica altas probabilidades de grandes pérdidas. Cada inversionista marca cuál es su grado de aversión al riesgo. De esta manera un inversionista conservador obtendrá ganancias bajas dado el riesgo que asumió (y la probabilidad de ligeras pérdidas) mientras que un inversionista agresivo al aceptar niveles altos de riesgo, los verá recompensados con ganancias altas; pero, dado que las inversiones sirven para financiar el crecimiento o desarrollo de una economía; el inversionista coloca fondos en determinados instrumentos con la expectativa de que su valor aumente y de que obtenga rendimientos.

---

[1] GITMAN, Lawrence, **FUNDAMENTOS DE INVERSIÓN**, 5ª. Edición, Ed. Oxford University Press, México 1993, pp 830.

Dichos fondos financian las inversiones reales de las empresas. En ocasiones se califican por el grado de riesgo que implican, tomando en cuenta la volatilidad de los precios del activo. Esta volatilidad refleja las condiciones y capacidades de pago del emisor (empresa) y está en función de las condiciones del mercado. Dado lo anterior, se ha clasificado al riesgo con el fin de identificar los diferentes factores que lo ocasionan y de esta manera cubrirse ante él, buscando proteger el capital de los inversionistas y asegurar los beneficios que se esperan por la inversión.

Cuando lo que se negocia en el mercado de valores son acciones, se tienen dos tipos básicos de riesgo: diversificable y no diversificable.[3]

El riesgo **diversificable** o también llamado **no sistemático** es producto de hechos no controlables o imprevistos a los que una empresa se enfrenta, tal es el caso de las huelgas, demandas legales y acciones reguladoras. Representa parte el riesgo de una inversión que puede ser eliminada a través de la diversificación[4].

El segundo tipo de riesgo es el **no diversificable** o **sistemático** también conocido como **riesgo de mercado**. Éste es un riesgo que no puede eliminarse mediante la diversificación, se atribuye a influencias como la guerra, desastres naturales, la inflación, acontecimientos políticos los cuales afectan por igual a todas las inversiones y que no son exclusivas de ningún instrumento en particular. Es un riesgo que implica otros como el de tasa de interés, país, etc. Se ve reflejado en la volatilidad[5] del precio de un valor, cuanto más volátil sea el precio del valor mayor será su riesgo probable de mercado.

Existe una segunda clasificación de los tipos de riesgo, la cual se basa en la fuente de riesgo. Estos son siete: Riesgo de Crédito, Riesgo de país, Riesgo de Mercado, Riesgo de desfasamiento, Riesgo de base, Riesgo de entrega y Riesgo de volatilidad o trayectoria.[6]

---

[2] La probabilidad nos indica lo cerca que se está de que ocurra un evento negativo.

[3] GITMAN, Lawrence, **FUNDAMENTOS DE INVERSIÓN**, 5ª. Edición, Ed. Oxford University Press, México 1993, pp 168 y 171

[4] Se entiende por diversificación a la inclusión en una cartera de diferentes instrumentos de inversión con el fin de elevar la ganancia y reducir el riesgo.

[5] Medida de la incertidumbre sobre las rentabilidades proporcionadas por algún valor. Variación que presenta el precio de algún valor a lo largo de cierto periodo.

[6] La información en esta sección está sustentada en los textos: Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 2. "El riesgo en las finanzas modernas" y COSTA, Luis, FONT Montserrat,

1. Riesgo de Crédito

Refleja el nivel financiero del cliente y su habilidad para realizar y cumplir sus obligaciones bajo contrato. Ocurre debido al impacto que tiene el cambio de las variables financieras importantes. Está ligado a la solvencia del cliente, de manera que cuando se tienen títulos garantizados por el Estado, se tienen títulos que no presentan riesgos soberanos. El banco asume este riesgo cuando funge como intermediario.

Una manera de evitar este tipo de riesgo es analizando el historial crediticio del cliente, de esta manera podrá conocerse mejor a la persona con quien se está negociando.

2. Riesgo de País

Refleja el nivel financiero de un país y el estatus de su moneda en términos de control de cambio de moneda extranjera existente o de carácter potencial. Se basa en la estabilidad del país, de su rendimiento económico y de su trayectoria social respecto al cumplimiento de sus compromisos financieros internacionales.

En este tipo de riesgo se observa la posibilidad de que eventos inesperados afecten de manera negativa a sus agentes económicos disminuyendo la capacidad de cumplir con las obligaciones crediticias adquiridas internacionalmente.

Dentro del riesgo de país se hacen dos divisiones: ***Riesgo Soberano***: Está dado por la capacidad y disposición del país (gobierno) para pagar sus deudas internacionales. ***Riesgo de transferencia****:* Ocurre cuando el país no puede hacerle frente a sus deudas con extranjeros por carecer de la divisa en la cual está denominada la deuda. En ocasiones la manera de disminuir este tipo de riesgo es la emisión de swaps[7].

NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 143-148

[7] Permuta financiera.

3. Riesgo de mercado

Este tipo de riesgo depende de las condiciones de mercado viéndose afectado por factores de tipo económico (exposición al riesgo cambiario, tasa de interés, inflación, volatilidad en los mercados financieros, etc.), político, social, etc. Lo que implica que abarca otros tipos de riesgo (riesgo de país, riesgo de desfasamiento, riesgo de base, etc.).

Se refleja en los rendimientos no deseados de alguna inversión o cartera debido al movimiento en las variables financieras y puede ser cubierto con productos derivados mediante los cuales se pretende proteger costos o niveles de rendimiento.

4. Riesgo de desfasamiento (Mismatch risk)

Se atribuye a la dificultad de determinado desfase en los vencimientos, en cualquiera de los términos en que estén dados ya sean en términos de plazos o en montos. Ejemplo: la permuta de los pagos periódicos de interés en prestamos respectivos, pactado en un contrato swap de tipo de interés, en el que una parte se hace cargo de los pagos de interés a tipo fijo con vencimientos anuales y su contraparte atiende los pagos de interés variable con vencimientos semestrales.

5. Riesgo de base

Se define a la base como la diferencia entre el precio de contado y el precio futuro de determinado activo. Este riesgo marca la falta de consistencia entre la tasa de interés de ambos[8], la cual debe ser positiva. En teoría debería haber un equilibrio entre ambos, pero existe la posibilidad, y es aquí donde surge el riesgo de que la diferencia entre ambas tasas disminuya e incluso se vuelva negativa. Este riesgo se cubre con productos derivados como las opciones, swaps o futuros sobre tasas

[8] Para las empresas, éste es equivalente a su margen financiero.

de interés de activos y pasivos, sin embargo la mejor alternativa radica en encontrar un equilibrio entre ambas tasas.

6. Riesgo de Incumplimiento (Riesgo de entrega)

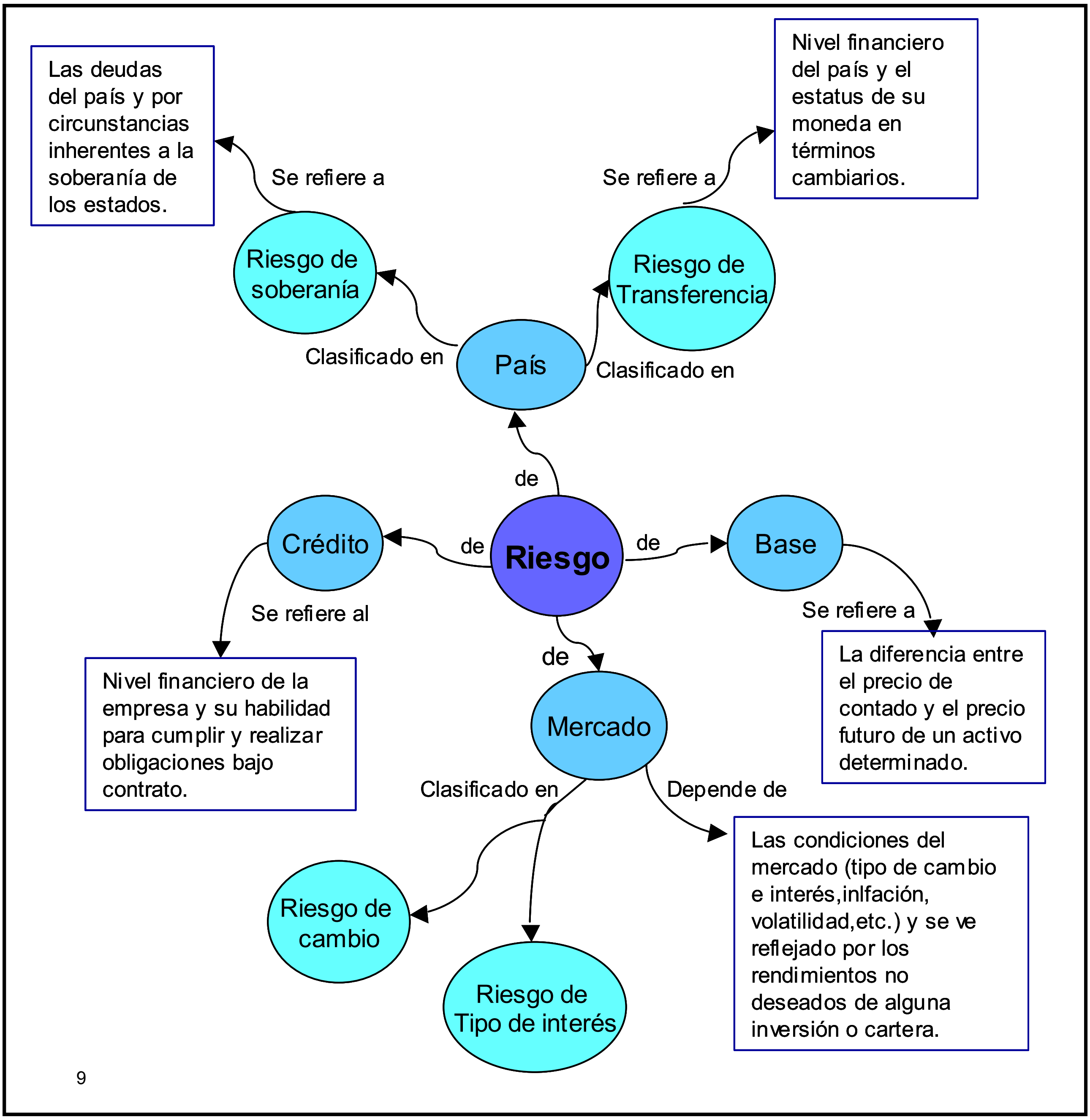
Es la probabilidad de que el interés y el capital no se paguen en las cantidades prometidas y en las fechas acordadas. De éste se puede tener control haciendo revisiones periódicas basados en las condiciones corrientes del mercado y con base en una adecuada estructura de pronósticos. Éste ocurre en cualquier transacción de divisa extranjera, que está estrictamente en función de riesgo de mercado, depende del periodo de incumplimiento y de las condiciones de mercado, depende de los tipos de cambio, de los tipos de interés y de la liquidez en ese periodo.

7. Riesgo de volatilidad (Riesgo de trayectoria)

Se basa en las fluctuaciones de los tipos de interés de los títulos (riesgo de tipos de interés), riesgo de cambio o cualquier otra razón que pueda ocasionar volatilidad en una inversión. Es de los más importantes en la teoría financiera. Aumenta cuando se genera una cartera de actividades por combinación de dos o más proyectos. Entre los valores que se ven afectados en mayor medida son los que ofrecen un retorno periódico. Una modificación en las tasas da por resultado la fluctuación en el precio de los valores, el cual disminuye cuando las tasas se elevan y aumenta si éstas bajan.

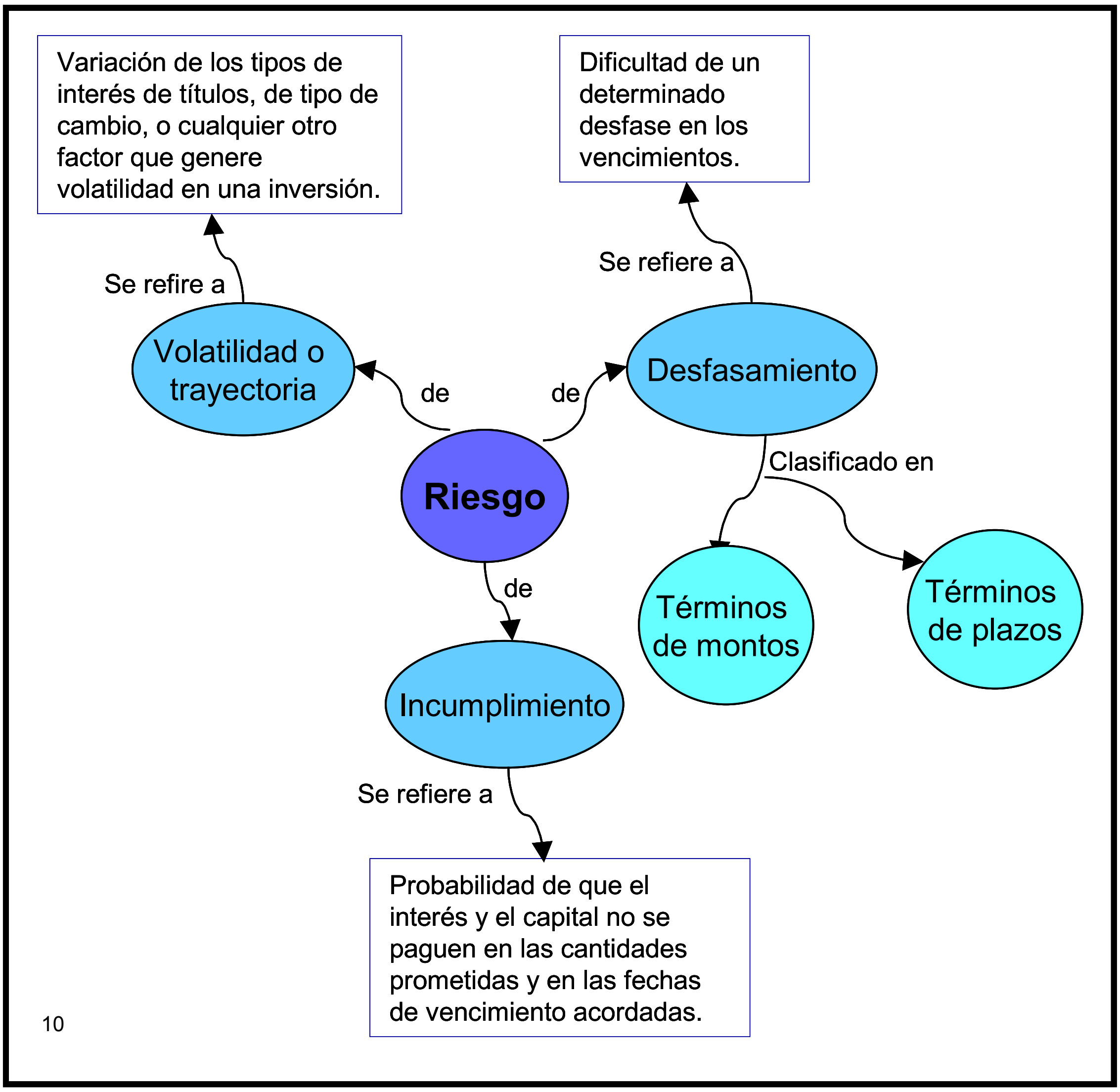
Los diferentes tipos de riesgo según su fuente se presentan en los diagramas 1 y 2.

Diagrama 1. Tipos de Riesgo



[9] La información contenida en el Diagrama 1 está basada en lo encontrado en la siguiente bibliografía: COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 143-148 y Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 2. “El riesgo en las finanzas modernas”

Diagrama 2. Tipos de Riesgo. Continuación



A menudo las acciones humanas conllevan algún tipo de riesgo, de aquí que conscientes de esto, se tenga la necesidad de crear acciones preventivas; de igual manera en las finanzas, sabiendo que a mayor riesgo mayor ganancia, se han creado instrumentos para proteger la inversión que se está llevando a cabo y asegurar el beneficio que se espera de ésta.

[10] La información contenida en el diagrama 2 está basada en lo encontrado en: COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 148-152 y Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 2. "El riesgo en las finanzas modernas"

1.2 INSTRUMENTOS DE COBERTURA CONTRA EL RIESGO

La cobertura (*Hedging*, en inglés), consiste en una acción de protección, que intenta reducir el riesgo de pérdidas debido a movimientos desfavorables de precios en materia de tipo de interés, tipo de cambio, movimiento de las acciones o cualquier otro bien que se ponga en juego.[11]

Algunos tipos de riesgo son asegurables, ya que se conoce la probabilidad con la que habrán de ocurrir o puede estimarse con cierta precisión.

Existen tres maneras de calcular la probabilidad con la que el riesgo puede ocurrir: a) El calculo *a priori* (calculo matemático), b) la aplicación empírica de estadísticas de acontecimientos pasados a circunstancias presentes, (utilizadas por las compañías de seguros), y c) la estimación que implica juicio personal (no se apoya sobre ninguna base sólida). Sin embargo dichas estimaciones están sujetas a error debido a lo impredecible de la actividad económica.

En general no siempre es posible evaluar todos los riesgos posibles, lo cual deja un margen de incertidumbre respecto a los resultados de cada operación y de la marcha del negocio en su conjunto.

Los riesgos que no se pueden asegurar o transferir tendrán que ser asumidos por el inversionista. Ésto ocurre cuando las expectativas de beneficio superan las posibilidades estimadas de pérdida aun cuando la base de la decisión sea la intuición. De resultar exitoso el proyecto el inversionista recibirá la retribución (ganancia) por haber afrontado los riesgos implícitos que tenía, recibiendo así el beneficio por haber invertido su capital en operaciones riesgosas.

Para proteger a los inversionistas financieros contra el riesgo, se han creado diversos instrumentos, que aseguran el capital y los beneficios que se pretende obtener de lo invertido. Su objetivo es minimizar riesgos, eliminando la incertidumbre asociada a los compromisos futuros.

Cuando existe un equilibrio entre activos y pasivos podría decirse que existe una cobertura “natural” ya que entre la fluctuación de tasas existe una compensación y como se mencionó anteriormente, si el tipo de riesgo al que se está enfrentando es del tipo sistemático, la mejor opción para cubrirse del riesgo es diversificar, así éste será reducido. En el caso de riesgo de mercado las medidas que deberán tomarse serán diferentes.

Entre los instrumentos de cobertura de riesgo, se encuentran los ***productos derivados*** (también denominados instrumentos de gestión de riesgo), los cuales son contratos que se celebran con el objetivo de crear derechos y obligaciones entre las partes con el propósito de transferir entre ellas uno o más de los riesgos asociados con un bien o valor subyacente. De esta manera se permite a los usuarios tomar decisiones anticipándose a las consecuencias favorables o desfavorables en el futuro del contrato. Estos nacen como respuesta a los diferentes tipos de riesgo, anteriormente mencionados, y a la exigencia de los mercados financieros en materia de solvencia. Resultan ser una buena alternativa de cobertura ante el riesgo de mercado.

Existen diversos productos derivados orientados a cubrir al cliente de las variaciones en tipo de cambio, tasa de interés e índices accionarios, principalmente. Los productos derivados son[12]:

- ***Forwards:*** También llamado contrato a plazo, son acuerdos para la compra o venta de un activo en una fecha futura a un precio dado. Estos son acuerdos privados entre dos entidades financieras o entre entidad financiera y una de sus empresas clientes.
- ***Futuros:*** Acuerdo de compra o venta de un activo a cierto precio en una fecha futura, el cual se negocia en un mercado organizado y los términos del contrato están estandarizados por una organización.
- Títulos opcionales o ***Warrants***: Opción emitida por una empresa o una institución financiera.

[11] COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 157 y 158

[12] La información presentada en las definiciones está apoyada en el texto: HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001.

- ***Opciones:*** Contratos que dan a su propietario el derecho mas no la obligación de vender o comprar algún activo o bien subyacente en una fecha futura.
- Permutas financieras o ***Swaps:*** Acuerdos privados entre dos empresas para el intercambio de flujos de tesorería futuros conforme a una fórmula preestablecida.

Estos contratos están orientados a destacar la cobertura de riesgo, siendo flexibles en cuanto a monto y plazos, prescindiendo de efectivo al momento de celebrar el contrato y sin emisiones ni gastos asociados.

1.3 EL CONTRATO DE OPCIÓN COMO INSTRUMENTO DE COBERTURA DE RIESGO

1.3.1. ¿Qué es una opción?

Una **opción** es un contrato derivado que da a su propietario el derecho, mas no la obligación, de compra o de venta sobre un activo o bien subyacente[13] (S_t) en una fecha determinada a futuro, a un cierto precio y a cambio de una prima (precio de la opción). La fecha especificada en el contrato se conoce como fecha del vencimiento o fecha de ejercicio (T), el precio especificado en el contrato se conoce como el precio de ejercicio (E).

Con ésta se traspasa el riesgo de pérdida a un tercero mientras se conserva la posibilidad de seguir obteniendo beneficios, en caso de una evolución favorable de los precios. Se puede imaginarlo como una póliza de seguro donde se paga una prima a cambio de cubrir un riesgo. Si el evento productor del riesgo no se presenta, se continuará disfrutando del bien asegurado, perdiendo sólo la prima pagada.

Cada contrato de opción está conformado por dos partes: El **comprador** del derecho, quien ha tomado la ***posición larga*** (ha *comprado* la opción) y el **vendedor**, quien ha tomado la ***posición corta*** (ha *vendido* la opción).

[13] Los activos o bienes subyacentes pueden ser: acciones, índices bursátiles, divisas, cualquier tipo de bien, futuros, opciones, etc.

1.3.2 Factores que influyen sobre el precio de la opción

Los factores que influyen sobre el precio de una opción son[14]:

- Precio del subyacente (spot)
- La volatilidad
- Tasa de interés
- Plazo al vencimiento
- Precio de ejercicio (strike)

Los cuales ocasionan los siguientes movimiento sobre las opciones:

Factor (aumento)	Valor de la Call	Valor de la Put
Precio spot	Sube	Baja
Volatilidad	Sube	Sube
Dividendos	Baja	Sube
Tasa de interés	Sube	Baja
Plazo	Sube	Sube
Precio strike	Baja	Sube

Los primeros tres son llamados factores exógenos (dependen del mercado) y los siguientes factores endógenos (son propios del contrato de opción).

[14] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 13. "Valuación de las opciones", DOMÍNGUEZ, Villanueva Janet, **VALUACIÓN DE OPCIONES ASIÁTICAS POR MEDIO DE METODO MONTE CARLO,** Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Física y Matemáticas, Director de Tesis: Lic. Víctor Hugo Ibarra Mercado, México 2004.Pág. 17.

1.3.3 Opciones call y put

Por su posición, las opciones se dividen en dos: de compra y de venta, conocidas como ***call*** y ***put*** respectivamente.

La opción call (opción de compra), es aquella que da el derecho de comprar algún subyacente, independientemente de cual sea su precio al momento de ejercicio de la opción. Existe un beneficio para el comprador de la opción en el momento en que el precio del subyacente (S_t) en el mercado sea mayor al de ejercicio establecido en el contrato de opción, en ese momento es viable ejercer el derecho, y se podrá vender el subyacente a un precio mayor del que ha sido comprado. Si ocurre lo contrario, que el precio en el mercado sea menor que el de ejercicio, no se ejerce el derecho de la opción, se compra el subyacente en el mercado (si es que así se desea) y sólo se pierde el precio pagado por la prima. Figura 1[15].

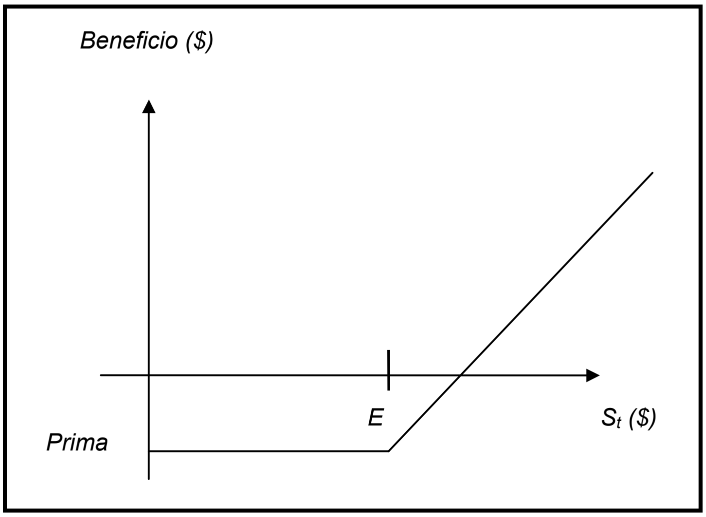


Figura 1.

El precio que tendría la opción al momento de ser ejercida está dada por:

$$\text{máx}\ \{ S_t - E, 0\}$$

[15] Las Figuras de la 1 a la 4 fueron reproducidas de los gráficos que aparecen el texto: HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001. Capitulo 7 Págs. 189-216.

El vendedor del contrato tiene una ganancia mientras el precio del subyacente en el mercado esté por debajo del de ejercicio ya que el comprador de la opción no ejercerá su derecho y obtendrá como ganancia la prima establecida, de lo contrario si el precio del mercado es mayor al de ejercicio el comprador ejercerá su derecho de compra y el vendedor tendrá pérdidas, como se ilustra en la Figura 2.

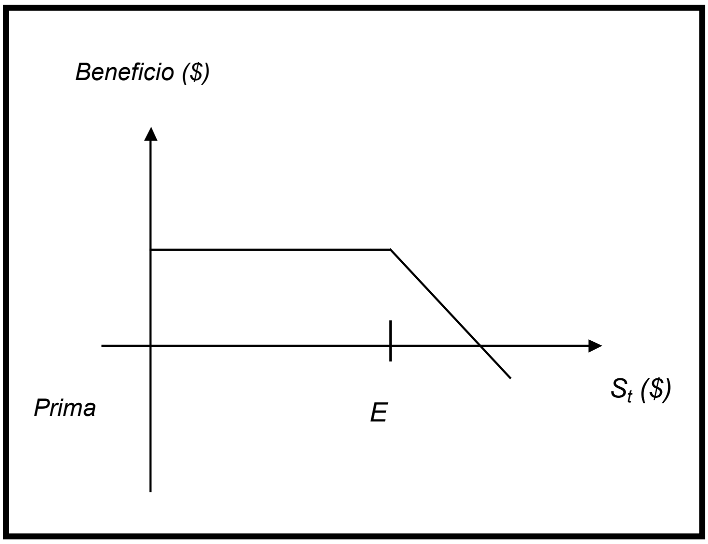


Figura 2.

La opción put (Opción de venta), es aquella que da a su comprador el derecho de vender algún subyacente, independientemente de cuál sea el precio de éste a la fecha de ejercicio. Existe un beneficio por parte del comprador cuando el precio del subyacente en el mercado esté por debajo del de ejercicio, ya que puede comprar el subyacente en el mercado a un precio bajo y venderlo a un precio más alto. El vendedor obtiene pérdida de la prima cuando el precio del mercado está por arriba del precio de ejercicio, ya que no ejercerá el derecho de vender el subyacente a un precio más barato que en el mercado. Figura 3.

El precio que tendría la opción al momento de ser ejercida está dada por:

$$\text{máx}\ \{ E - S_t , 0\}$$

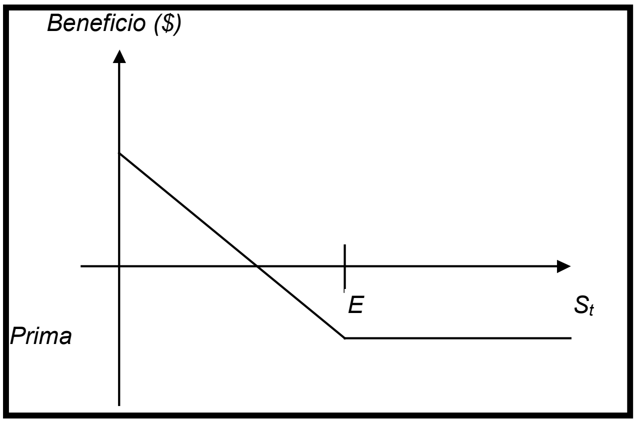


Figura 3.

Cuando el precio de mercado esté por arriba del de ejercicio, el único beneficio que obtendrá el vendedor de una opción de venta, será la prima establecida, ya que el comprador no ejercerá su derecho. Tendrá una pérdida cuando el precio de mercado esté por debajo del de ejercicio, ya que el comprador sí ejercerá su derecho. Figura 4.

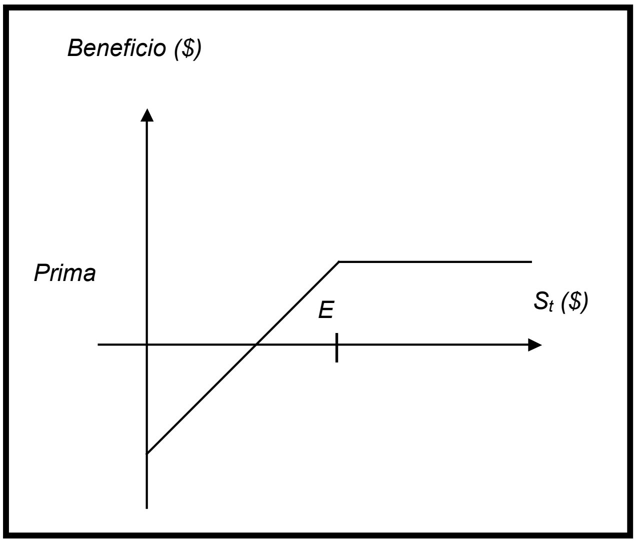


Figura 4.

1.3.4 Opciones Americanas y Europeas

Por su fecha de ejercicio las opciones se clasifican en **Americanas y Europeas**; su nombre no tiene relación con su situación geográfica.

Opciones Americanas son aquéllas que pueden ejercerse en cualquier momento, desde el inicio del contrato hasta la fecha de vencimiento. Dicho ejercicio dependerá del comprador quien decidirá cuando es el momento propicio para ejercerla.

Opciones Europeas son aquéllas que se caracterizan porque sólo puede ser ejercidas por el comprador al término del contrato (a la fecha de vencimiento).

En general las opciones son un instrumento de ***cobertura***[16], resultan una alternativa para ampliar y diversificar las carteras de inversión, así como también son utilizadas para ***especular***[17] y llevar a cabo ***arbitraje***[18] aprovechando los desequilibrios del mercado.

1.3.5 Ejemplos

Ejemplo de una Opción de venta[19]

Considérese a un inversionista que compra una opción de compra europea (tendrá que ejercerse al término del vencimiento) para comprar 100 acciones de IBM con un precio de ejercicio de 40 dólares. Si el precio actual de las acciones es de $38 dólares, el vencimiento de la opción es dentro de 4 meses y el precio de la opción para comprar una acción es de 5 dólares. La inversión inicial es de 500 dólares. Si a la fecha de vencimiento el precio de la acción en el mercado es menor a 40 dólares no se ejercerá la opción, ya que

[16] Como se menciona anteriormente, las opciones pretenden evitar la exposición a movimientos adversos de los precios de un activo.

[17] Obtener beneficios asumiendo riesgos sobre tendencias inesperadas. Los especuladores actúan tomando posiciones en el mercado, suponen una apuesta, de que el precio irá a la alza o bien de que irá a la baja.

[18] Obtención de un beneficio libre de riesgo por medio de transacciones simultáneas en dos o más mercados

[19] HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001. Págs. 190 y 191.

conviene comprarla en el mercado a un precio menor. En este caso el inversionista pierde 500 dólares (prima). Pero, si el precio de la acción está por arriba de 40 dólares en el mercado, el inversionista ejercerá la opción. Si el precio de la acción en el mercado fuera de 55 dólares, al momento de ejercer la opción el inversionista comprará 100 acciones a 40 dólares cada una. Si vende las acciones inmediatamente el inversionista obtiene un beneficio de 15 dólares por acción lo que da un total de 1500 dólares ignorando costos de transacción, al tomar en cuenta lo que se pagó por la prima el beneficio neto es de 1000 dólares.

En resumen se tiene lo siguiente:

Planteamiento:

Un inversionista compra una opción de compra para adquirir 100 acciones de IBM.

Precio de Ejercicio = 40 dólares.
Precio actual de las opciones = 38 dólares
Precio de una opción para comprar una acción = 5 dólares

Inversión inicial: 100 x $ 5 = 500 dólares

Resultado:

Al vencimiento de la opción el precio de las acciones de IBM es de 55 dólares. En ese momento la opción se ejerce con un beneficio de:

($ 55 - $ 40) x 100 = 1 500 dólares

Al descontar el precio de la prima, el *beneficio neto* es:

$ 1 500 - $ 500 = 1000 dólares.

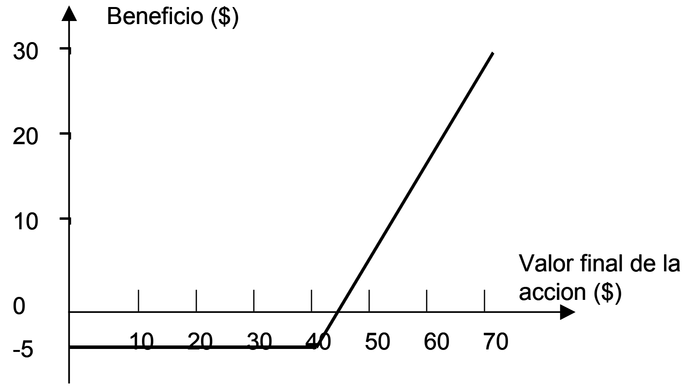


Figura 5.
Beneficio de una opción de compra europea sobre una acción de IBM. Precio de la Opción = 5 dólares. Precio de ejercicio = 40 dólares.

Ejemplo de una Opción de Compra[20]

Considérese a un inversionista que compra una opción de venta europea (ejercerá hasta la fecha de vencimiento) para la venta de 100 acciones de Exxon a un precio de ejercicio de 70 dólares. Suponiendo que el precio actual de ejercicio es de 65 dólares, la fecha de vencimiento de la opción es dentro de 3 meses y el precio de una opción para la venta de una acción es de 7 dólares. La inversión inicial es de 700 dólares. La opción será ejercida sólo sí a la fecha de vencimiento el valor de la opción está por debajo de 70 dólares. Si el precio al vencimiento, en el mercado, es de 55 dólares; el inversionista comprará 100 acciones a 55 dólares cada acción y al venderlas a 70 dólares podrá obtener un beneficio de 15 dólares por acción o 1500 dólares en total al descontar la prima pagada, por el contrato el beneficio neto es de 800 dólares. Si el precio de las acciones se encuentra por arriba de 70 dólares, la opción de venta vence sin valor y se pierde el valor de la prima, 700 dólares.

[20] HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001. Págs. 191 y 192.

Lo anterior se resume en lo siguiente:

Planteamiento:

Un inversionista compra una opción de venta para la venta de 100 acciones de Exxon.

Precio de ejercicio = 70 dólares.
Precio actual de las acciones: 65 dólares.
Precio de una opción para venta de una acción: 7 dólares.

Inversión inicial: 100 x $ 7 = 700 dólares.

Resultado:

Al vencimiento, el precio de las acciones es de 55 dólares. Se compran 100 acciones de Exxon y bajo las condiciones de la opción de venta se venden a 70 dólares por acción obteniendo un beneficio de 15 dólares por acción o un total de 1500 dólares. Al descontar la prima, el beneficio neto será:

$ 1 500 - $ 7 00 = 800 dólares.

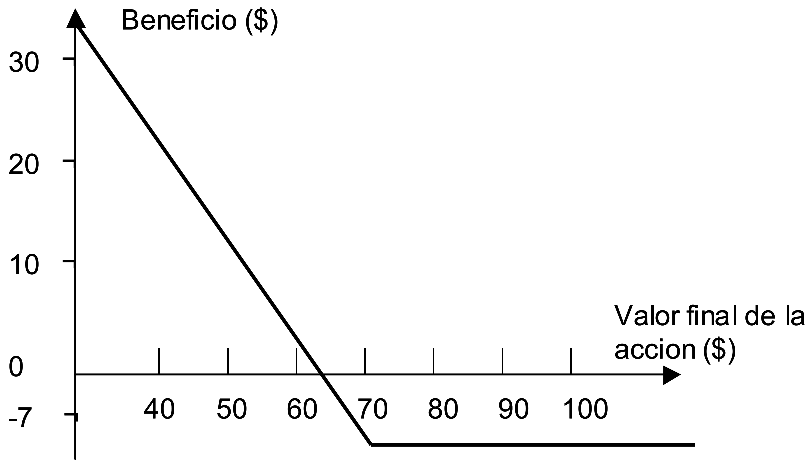


Figura 6.
Beneficio de comprar una opción de venta sobre una acción de Exxon. Precio de la Opción = 7 dólares. Precio de ejercicio = 70 dólares.

1.3.6 Beneficios del Contrato de Opción

Entre los beneficios que presentan las opciones se encuentran los siguientes:

a) **Obtener ganancias**: El comprador de una opción puede anticipar un cambio en el precio del subyacente.
b) Obtener ingresos adicionales.
c) **Protección contra movimientos de precios**: Protegerse contra los incrementos en el precio de los subyacentes en el caso de compra de calls y contra disminución en el precio de los mismos en el caso de compra de puts.
d) Comprando opciones se fija el precio de compra o venta de un activo.
e) Se puede "vender más caro" o "comprar más barato".

En caso de que una parte "gane" con un contrato de opción, no implica necesariamente que la contraparte "pierda", ya que los intereses de la contraparte varían y puede ocurrir que ésta se proteja cubriéndose ante tal evento.

CAPÍTULO 2

MERCADO DE OPCIONES

2.1. HISTORIA DEL MERCADO DE OPCIONES[1]

Las opciones son un instrumento innovador de cobertura de riesgo, por lo que de manera regulada se han ido implementando en diferentes países alrededor del mundo, con el fin de satisfacer y cubrir las diferentes necesidades que presenta cada lugar.

Sin embargo, las opciones no son una idea que haya surgido en los tiempos actuales ya que la historia marca diversos eventos donde el contrato principal posee ciertas características que al día de hoy presentan las opciones.

Se menciona que los fenicios, griegos y romanos negociaban contratos con cláusulas de opción sobre las mercancías que transportaban en sus naves.

En los textos de Aristóteles, escritos hace más de dos mil años, se narra la historia de Tales de Mileto, en la cual, gracias a su olfato financiero y con ayuda de su capacidad para leer las estrellas, un verano predijo una abundante cosecha de aceitunas, así que utilizó el dinero que tenía disponible en ese momento para reservar el uso exclusivo de las prensas locales. En esencia, lo que Tales hizo fue comprar una opción donde el subyacente era el pago por la renta de las prensas. Cuando la cosecha prevista se dio, Tales, vio multiplicada su inversión gracias a su visión.

---

[1] La información sobre la historia de las opciones fue recopilada de la siguiente bibliografía:
HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001. Págs. 5 y 6.
DOMÍNGUEZ, Villanueva Janet, **VALUACIÓN DE OPCIONES ASIÁTICAS POR MEDIO DE METODO MONTE CARLO,** Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Física y Matemáticas, Director de Tesis: Lic. Víctor Hugo Ibarra Mercado, México 2004.Pág. 4.
COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, Págs. 17-21.
GITMAN, Lawrence, **FUNDAMENTOS DE INVERSIÓN**, 5ª. Edición, Ed. Oxford University Press, México 1993, Págs. 483 y 484

Sin embargo, el primer mercado de opciones con cierto nivel de organización aparece en Holanda en el siglo XVII donde se negociaban opciones para comprar o vender bulbos de tulipanes en una fecha futura predeterminada. De esta manera los comerciantes holandeses aseguraban el precio de compra de los tulipanes para venderlos a sus clientes en el futuro y los agricultores aseguraban la venta futura de su cosecha a un determinado precio.

Las primeras transacciones de opciones de venta y compra tuvieron lugar en Europa (Inglaterra) y Estados Unidos en el siglo XVIII. En un principio no gozó de buena reputación debido a ciertas practicas fraudulentas. Una de ellas consistía en regalar a agentes (brokers) opciones sobre acciones de ciertas empresas, de esa forma se les incentivaba a recomendar la compra de dichas acciones a sus clientes[2]. La creciente especulación provocó que se cerrara el mercado de opciones y se declarará ilegal hasta su reapertura en el siglo XX.

A principios del siglo XX se fundó la Asociación de Agentes y Dealers de Opciones de Compra y Venta, cuyo propósito era crear un sistema para acercar a vendedores y compradores. De esta manera cada vez que alguien quería compra una opción contactaba a una de las empresas asociadas quien hallaba a un vendedor de la opción entre sus clientes o entre otras empresas también asociadas. De no conseguirlo, la misma asociación emitía la opción a cambió de un precio que se juzgaba apropiado. Este mercado funcionó como Over-the-Counter (no oficial o extrabursátil) ya que los operadores no se reunían físicamente en el parqué[3] del mercado de cambios. Este mercado presentaba dos defectos: 1º. No disponía de mercado secundario puesto que el comprador de una opción no tenía derecho a venderla a un tercero antes de su fecha de expiración, 2º. No existía un mecanismo que garantizara que el emisor[4] de la opción cumpliría con su contrato y de no cumplir, el comprador se veía forzado a demandarlo jurídicamente, lo cual resultaba muy costoso.

---

[2] HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, pp 5.
[3] Lugar donde se llevarán a cabo las negociaciones sobre opciones.
[4] Se le llama emisor de la opción a la persona que toma la posición corta, es decir el vendedor de la opción.

El 26 de abril de 1973 el Chicago Board of Trade abrió un nuevo mercado, el Chicago Board Options Exchange (CBOE) con el único fin de negociar opciones sobre acciones de empresas que cotizaban en bolsa[5].

Uno de los fenómenos distintivos en la década de los setenta fue el notable desempeño y gran popularidad de inversión de las opciones sobre las acciones, las opciones de venta y compra de acciones comunes. En consecuencia, a principios de la década de los ochenta el interés por las opciones se había extendido a los demás tipos de activos financieros (índices accionarios, instrumentos de duda, metales, materias primas, etc).

El desarrollo del mercado de futuros y warrants, durante la década de los años 1950 y 1960 ayudaron al surgimiento y consolidación de los mercados de opciones. Por lo que en 1975 el American Stock Exchange (AMEX) y el Philadelphia Stock Exchange[6] (PHLX) comenzaron a negociar opciones, mientras que el Pacific Stock Exchange (PSE) lo hizo en 1976. A principios de los ochenta, el volumen de acciones había crecido rápidamente, de tal manera que el número de acciones subyacentes en contratos de opción venidas a diario excedía el volumen de acciones negociadas en el New York Stock Exchange (NYSE).

En marzo de 1983 se comenzó la negociación de índice bursátil por el Standar & Poor’s 100, introduciendo en 1993 las opciones sobre índices sectoriales de la bolsa.

2.2. FUNCIÓN DEL MERCADO DE OPCIONES

El mercado de opciones nace ante la necesidad de cubrirse frente al riesgo. Las opciones se han vuelto muy importantes para la cobertura y la inversión además de que sus desequilibrios temporales ofrecen oportunidad de arbitraje.

Las principales ventajas de invertir en opciones de venta y compra es el apalancamiento que ofrecen, la cual permite limitar la exposición al riesgo del inversionista, pues sólo se puede perder un monto especifico de dinero (el

[5] La negociación fue de *calls* sobre 16 acciones.
[6] Actualmente es el principal mercado de acciones sobre divisas.

precio de compra de la opción, prima). Estas también pueden utilizarse redituablemente cuando el precio del valor subyacente sube o baja[7].

Una de las mayores desventajas de la venta y de compra es que el comprador no disfruta de ingresos en intereses o dividendos, ni de ningún otro beneficio de propiedad. A causa de la corta vida de estos instrumentos, el inversionista dispone de un periodo limitado para obtener el comportamiento de precio que desea. Otra desventaja de estos instrumentos es su relativa excepcionalidad, lo que complica muchas de sus estrategias de comercialización. Por lo que para beneficiarse del manejo de estos instrumentos negociables es necesario que el inversionista los conozca a profundidad.

El valor de las opciones tiene dos componentes: el valor intrínseco y el valor por tiempo o prima de tiempo.

El ***valor intrínseco*** es el valor que tendría la opción si expirara inmediatamente tomando en cuenta el precio del subyacente en el mercado de contado (resultado de la diferencia entre el precio de ejercicio y el subyacente). Cantidad por la cual, la opción se encuentra dentro de dinero (es una condición de equilibrio en el precio de las opciones ya sea put o call y el precio del subyacente)[8].

Si el valor intrínseco es positivo, la opción se considera ITM (in the money, en dinero); si el valor intrínseco se aproxima a cero, se dice que la opción está ATM (at the money, dentro de dinero) y en caso de que el valor intrínseco sea igual a cero la opción se encuentra OTM (out the money, fuera de dinero).

El valor por tiempo o prima de tiempo[9] es la cantidad por la cual la prima o el valor total de la opción excede al valor intrínseco, este precio existe porque el precio del subyacente puede cambiar entre el presente y el del vencimiento de la opción existiendo la posibilidad de beneficios. Esta prima es la que los inversionistas están dispuestos a pagar por dicha posibilidad. Por lo

---

[7] GITMAN, Lawrence, **FUNDAMENTOS DE INVERSIÓN**, 5ª. Edición, Ed. Oxford University Press, México 1993, pp 483

[8] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 11. “Opciones: Fundamentos Institucionales”, pp 21

anterior, la prima por el tiempo al vencimiento de la opción es cero y el valor máximo de la opción que es ejercida es igual al valor intrínseco.

Como se menciona anteriormente en cada contrato de opción se tienen dos partes, *comprador* y *vendedor*. Para ellos existen cuatro tipos de **posiciones en opciones**:

1. Posición larga en una opción de compra (Comprador de una call)
2. Posición larga en una opción de venta (Comprador de una put)
3. Posición corta en una opción de compra (Vendedor de una call)
4. Posición corta en una opción de venta (Vendedor de una put)

Las posiciones anteriores se ilustran en la Figura 7, donde se muestran las gráficas sobre opciones europeas.

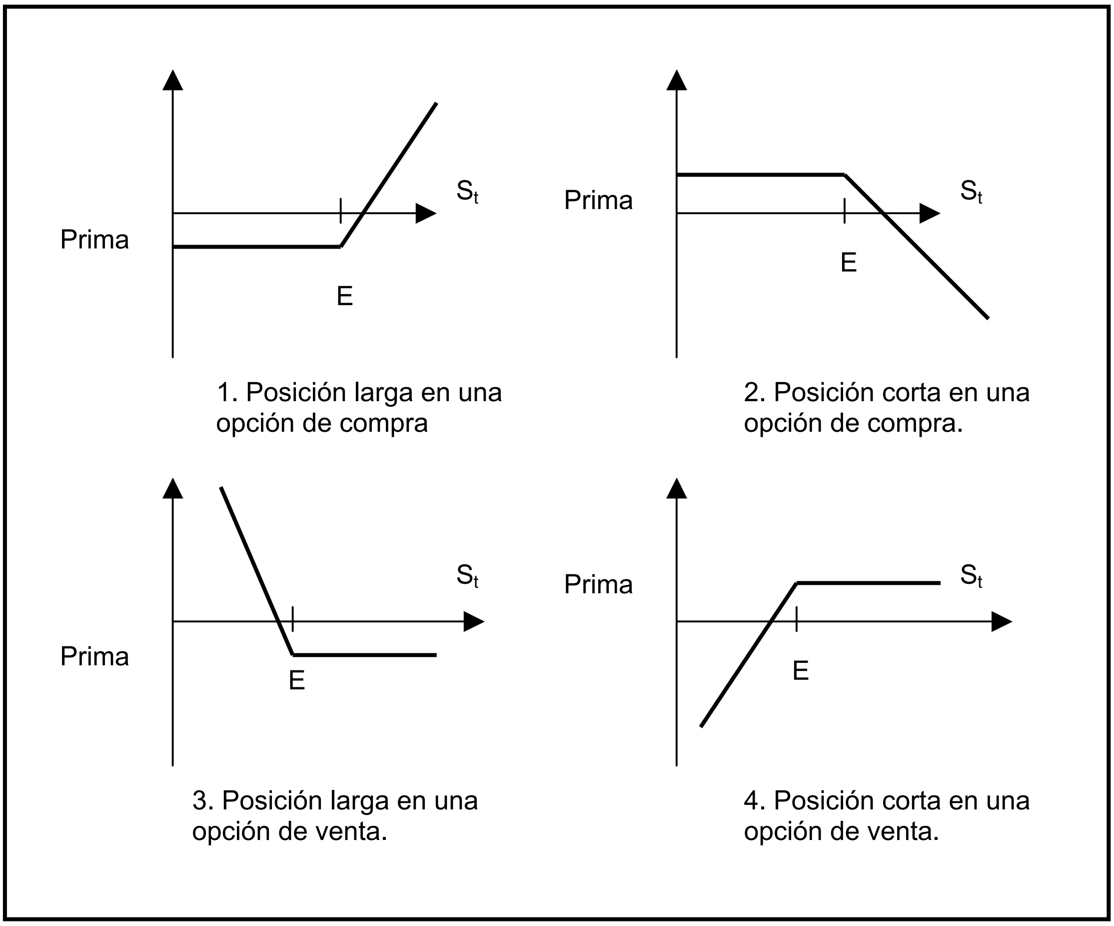


Figura. 7

[9] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 11. “Opciones: Fundamentos Institucionales”, pp 21

2.2.1 SUBYACENTES[10]

Actualmente se puede comercializar opciones de compra y venta de:

- Acciones,
- Índices accionarios,
- Instrumentos de deuda,
- Divisas,
- Mercancías y futuros financieros.

2.2.2 INFORMACIÓN DE LA COTIZACIÓN

La cotización de opciones es publicada en diversos diarios. En EUA se publican las cotizaciones de las opciones sobre acciones bajo el título de "Listened Options" en la sección "Money and Investing". En el caso de México se tienen periódicos que lo publica como "El financiero" en su sección "Mercados" y "El Economista"

2.2.3. NEGOCIACIÓN

Este mercado mantiene cierto número de miembros (particulares y empresas) que son poseedores de una posición en el mercado. Ser miembro de este mercado otorga el derecho a acudir al parqué del Mercado y negociar con otros miembros.

La mayoría de los mercados de opciones utilizan un sistema de creadores de mercado para facilitar la negociación. Un creador de mercado es quien cotizará un precio de oferta[11] y un precio de demanda[12] sobre la opción que se lo hayan pedido. La existencia del creador de mercado asegura que las ordenes de compra y venta puedan ser siempre ejecutadas al precio deseado

[10] La información que se maneja a partir de este punto y hasta el final del tema de "Función de las Opciones", está basada en la información encontrada en: HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, Capitulo 7 " Funcionamiento de los mercados de opciones", pp 189-216.
[11] Precio al cual el creador está dispuesto a comprar.
[12] Precio al cual está dispuesto a vender.

y en el tiempo en que se requiere hacerlo; de esta manera el creador de mercado contribuye a añadir liquidez al mercado.

Los agentes del piso ejecutan ordenes del público en general. Cuando el inversionista contacta a su agente para comprar o vender una opción, el agente transmite la orden al agente del parqué de la firma, en el mercado en el cual se negocia la opción. Si la agencia no tiene su propio agente de parqué, generalmente tendrá un acuerdo para utilizar un agente de parqué independiente o un agente de parqué de otra entidad.

Con respecto a las comisiones, varían significativamente de un agente a otro. Normalmente la cantidad cargada se calcula como un costo fijo más una proporción de la cantidad en dólares de la transacción.

2.2.3.1 ESQUEMA DE NEGOCIACIÓN EN MÉXICO

Para poder participar en la negociación[13] con opciones en México, se requiere en principio abrir una cuenta en el MexDer siguiendo los siguientes pasos:

1. Contactar a un operador[14] autorizado por el MexDer.
2. Entregar documentación legal y financiera para analizar liquidez.
3. El operador asesora a la empresa en la integración de documentos.
4. Se lleva a cabo la firma de convenio de adhesión al fideicomiso con un Socio Liquidador[15] y contrato de intermediación.

Al operar se lleva a cabo lo siguiente:

1. El operador explica a la empresa las condiciones y riesgos inherentes.
2. El operador puede asesorar a la empresa en la estrategia de cobertura.
3. La persona autorizada por la empresa gira instrucciones para la compra-venta.
4. El Socio Liquidador le informa diariamente al operador el estado de su cliente.

---

[13] **http://www.mexder.com.mx**

[14] Operador es la persona facultada para operar contratos en el sistema electrónico de negociación del MexDer en calidad de comisionistas de uno o más Socios Liquidadores.

[15] Se le llama Socio Liquidador a los fideicomisos que participan como accionistas del MexDer y aportan el patrimonio de Asigna (Cámara de Compensación del MexDer). Tienen capitalización independiente, son especialistas en evaluación de riesgos contraparte, segmentan aportaciones y evitan conflictos de intereses al diferenciar las operaciones por cuenta propia y de terceros.

La operación se hace vía electrónica, concentrándose en el Sistema Electrónico de Negociación, Registro y Asignación "SENTRA-Derivados". Para la operación se utiliza el sistema "S/MART", adquirido del Mercado Español de Futuros y Opciones Financieras (MEFF).

Los formadores de mercado cuentan con un sistema de atención telefónica que les permite ser asistidos personalmente por gente del área de operaciones del MexDer.

Los operadores ingresan sus posturas y el sistema no revela su identidad, lo que hace que sea un mercado anónimo permitiendo igualdad de oportunidad para todos los participantes.

Una vez pactada la operación, MexDer envía a la Cámara de Compensación (Asigna) los datos de la misma, por lo que Asigna se convierte en el comprador asumiendo el riesgo de crédito contraparte.

2.2.4 GARANTÍAS

Cuando un inversionista compra opciones puede pagar en metálico[16] o utilizar una cuenta como garantía[17].

Cuando un inversionista emite una opción, necesita mantener fondos en una cuenta de garantía. Esto se debe a que el agente del inversionista y el mercado quieren estar convencidos de que el inversionista no va a fallar en caso de que la opción sea ejercida.

A dicho fondo se le conoce como depósito o margen y corresponde al precio de la opción por el total de los contratos realizados. Corresponde a la cantidad máxima que el comprador pierde si no ejerce la opción. En el caso del vendedor de la opción, el depósito se hará en la Cámara de Compensación y el monto dependerá del tipo de subyacente con el que se esté negociando. En general la cuenta que debe tener el vendedor dentro de la cámara de compensación es aproximadamente el 15% del valor del subyacente, o

[16] Es decir, ocurre debido a inconvenientes o a la posibilidad de entregar el subyacente. Cuando un contrato se liquida en metálico, se le ajusta al mercado al final del último día de negociación y todas las posiciones se declaran liquidadas. El precio de liquidación en el último día de negociación es el precio de cierre de contado del activo subyacente, lo que asegura que el precio de la opción converge hacia el precio de contado.

[17] Es la cuenta en la cual se ha de depositar, en el momento en que entra el contrato, la garantía o deposito de garantía inicial.

dependerá del resultado de ciertas fórmulas a que se sujetan, así la opción está fuera del dinero o dentro del dinero.

La Cámara de Compensación requiere por parte del vendedor un *margen de garantía inicial* que es el porcentaje del valor del subyacente y el precio de ejercicio al momento de ejercicio de la opción, posteriormente este margen es ajustado de acuerdo a las variaciones del precio del subyacente lo que constituye el *margen de mantenimiento* que se incrementa cada vez que sus pérdidas implícitas se incrementan.

El margen puede ser cubierto con títulos de renta fija, particularmente Treasure Bills[18] (TB's), que rinde intereses al vendedor de la opción por lo que el costo de oportunidad es bajo.

En el caso de México, los derechos y las obligaciones adquiridas se hacen ante Asigna, Compensación y Liquidación y no hay derechos entre comprador y vendedor en términos bilaterales, es decir, quien ejerce su derecho de comprar o vender lo hace ante Asigna, que funge como el comprador para el que vende y como vendedor para el que compra. Asigna exige Aportaciones Iniciales Mínimas (AIM's) al vendedor de opciones ya sea call y/o put sobre algún subyacente mientras las mantenga vendidas o si el comprador ejerce su derecho sobre las opciones en acciones que el vendedor le haya vendido; Asigna exigirá AIM's durante el tiempo que dure el proceso de liquidación en especie de la opción, con lo que asegura el cumplimiento de las obligaciones en caso de que el comprador ejerza su derecho ante la cámara.

Las aportaciones son variables y la cantidad a depositar depende de tres factores: la volatilidad del activo, el tiempo que resta al vencimiento y si la opción está ATM (dentro de dinero), ITM (en dinero) o OTM (fuera de dinero). Cuanto más dentro de dinero se encuentre una opción, menos aportaciones se piden, estas varían en torno al 15%-20% del valor nominal del activo, pero en realidad depende de que tanto este la opción en el dinero. En posiciones combinadas de opciones (compra-venta) generalmente no se solicitan AIM's, en el peor de los casos se solicitan AIM's muy reducidas si la posición es netamente compradora de opciones y se deberán entregar aportaciones si la

[18] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 11. "Opciones: Fundamentos Institucionales", Págs. 26 y 27

posición es netamente vendedora aunque realmente dependerá de la combinación de posiciones en el portafolio y de que tan ITM se encuentren las opciones que lo integran.

Existen dos tipos de emisión de opciones:

a) EMISIONES DE OPCIONES EN DESCUBIERTO (Naked options)

Esto significa que la opción no está combinada con una posición compensadora sobre el subyacente. La garantía inicial será el mayor de los resultados obtenidos en los cálculos siguientes:

1. Un total del 100% de ingresos de la venta más 20% del precio del subyacente menos la cantidad (de existir) en la que la opción estuviese fuera de dinero.
2. Un total del 100% de los ingresos de la opción más un 10% del precio de la acción subyacente.

La garantía de mantenimiento se calcula de la misma manera pero con el precio de mercado de la opción, sustituyendo los ingresos de la venta. Para opciones sobre un índice de base, amplía, el 20% en los cálculos anteriores se reemplazaran por un 15%.

Ejemplo:

Suponiendo que un inversionista emite cuatro contratos de opción en descubierto de compra sobre acciones. El precio de la opción es de 5 dólares, el precio de ejercicio es 400 dólares, y el precio de las acciones es 38 dólares. Si la opción está en 2 dólares *fuera de dinero*[19], el primer cálculo tendrá por resultado:

$$400[\ 5 + 0.2 * 38 - 2\ ] = 4.24$$

Del segundo cálculo se obtiene:

$$400[\ 5 + 0.1 * 38\ ] = 3.52$$

[19] Se dice que una opción está fuera de dinero o “out the money” si desde el punto de vista del comprador, una opción no es rentable si fuera ejercida, una opción call está out the money si el precio de ejercicio está por arriba de la cotización al contado E > S. La put se encuentra fuera de dinero si el precio de ejercicio es menor que la cotización al contado E < S.

Por lo tanto, la garantía inicial será por 4.24 dólares. De haber sido una opción de venta, habría estado 2 dólares *en dinero*[20] y la garantía habría sido: 400[4 + 0.2 * 38] = 5.04.

En ambos casos los ingresos de venta, 2 dólares, pueden utilizarse para formar parte de la cuenta de garantía.

Con un cálculo parecido al de la garantía inicial, pero con el precio actual de mercado sustituyendo los ingresos de la venta, se repite cada día. Los fondos pueden sacarse de la cuenta de garantía cuando el cálculo indica que el requisito de garantía es menor que el saldo actual de la cuenta de garantía. Cuando el cálculo indica que se necesita una garantía mayor, se reclamará una garantía adicional.

b) EMISIONES DE OPCIONES DE COMPRA CUBIERTAS

Consiste en emitir opciones de compra cuando las acciones que se tienen que entregar son propiedad del emisor de las opciones. Las opciones cubiertas de compra son menos arriesgadas que las opciones de compra descubiertas, dado que lo peor que puede suceder en las cubiertas es que el inversionista necesite vender las acciones que ya posee a un precio por debajo de su valor de mercado.

En caso de que las opciones de compra cubiertas estén fuera de dinero, no se necesitan garantías debido a que las acciones propias pueden comprarse utilizando una cuenta de garantía y el precio recibido por la opción puede utilizarse para cubrir parcialmente el requisito de garantía.

Si las opciones están en dinero, no necesita ninguna garantía para las opciones debido a que el precio de la acción se reduce cuando la opción está en dinero. Lo anterior limita la cantidad que el inversionista puede sustraer de la cuenta de garantía si el precio de la acción aumenta.

[20] Se dice que una opción está en dinero o "in the money" cuando desde el punto de vista del comprador resulta rentable. En el caso de las call el precio de ejercicio es menor que la cotización al contado S > E. En el caso de una put el precio de ejercicio es mayor que la cotización spot E > S

Ejemplo:

Si un inversionista decide comprar 200 acciones de cierta empresas a plazo para emitir dos contratos de opciones de compra sobre las acciones. El precio de la acción es de 63 dólares, el precio de ejercicio es de 60 dólares, y el precio de la opción es 7 dólares. La cuenta de garantía permite al inversionista pedir prestado el 50% del precio de las acciones, o 6 300 dólares. El inversionista, también puede utilizar el precio recibido por la opción 7 * 200 o 1 400 dólares, para financiar la compra de las acciones. Las acciones cuestan 63 * 200 = 12 600 dólares. La cantidad líquida necesaria inicialmente para que el inversionista realice sus operaciones es: 12 600 – 6 300 – 1 400 = 4 900 dólares.

2.2.5. VENCIMIENTOS[21]

La estandarización de los contratos de opciones se hace en términos de lotes, calidad precios y vencimientos. En el mercado de Estados Unidos de América los vencimientos son cíclicos, es decir, las opciones sólo se emiten y vencen en ciertos meses, aunque su transacción es diaria en los mercados secundarios.

En el caso de las opciones sobre acciones e índices bursátiles existen tres ciclos de vencimiento, conocidos como ciclos de Enero, Febrero y Marzo distribuidos de la siguiente manera:

Enero/Abril/Julio/Octubre
Febrero/Mayo/Agosto/Noviembre
Marzo/Junio/Septiembre/Diciembre

Sin embargo el CBOE reformó los vencimientos y ahora se pueden tener vencimientos a la medida de los inversionistas, debido a que los inversionistas deseaban plazos más cortos y también en respuesta al crecimiento de los mercados organizados (Over the Counter OTC), donde los plazos y otras características de las opciones operaban a la medida del inversionista. De esta

[21] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 11. “Opciones: Fundamentos Institucionales”, pp 8

manera se reglamentó que para todos los ciclos, los vencimientos disponibles son el mes en curso (mes más cercano al contrato), el siguiente mes y los dos meses siguientes del ciclo correspondiente al que ha sido asignada la acción.

En el caso de México el periodo del contrato es trimestral: marzo, junio, septiembre y diciembre hasta por un año y la liquidación ocurre al siguiente día hábil de la fecha de vencimiento. Esta liquidación ocurre el tercer viernes del mes de vencimiento, en caso de ser un día festivo la liquidación ocurrirá el jueves anterior y así sucesivamente.

Al vencimiento Asigna ejerce automáticamente las opciones que están ITM salvo que se haya solicitado lo contrario por así convenir a sus intereses.

Las opciones sobre acciones dan lugar a una operación de registro que se realizará en la Bolsa Mexicana de Valores en la sesión del día hábil siguiente a precio de ejercicio. Las opciones sobre IPC se liquidan en forma monetaria por diferencias entre el valor del cierre del índice el día de vencimiento y el precio de ejercicio de la opción.

2.2.6. LA CÁMARA DE COMPENSACIÓN DE OPCIONES

Es el organismo a través del cual se liquidan las opciones negociadas y que garantiza que el emisor de la opción cumpla con sus obligaciones bajo las condiciones del contrato de opción y mantenga un registro de todas las posiciones largas y cortas. La cámara de compensación mantiene una cuenta para cada una de las partes que garantiza el pago de la prima por parte del comprador de las opciones y la liquidación del pago que obligatoriamente debe cumplir el vendedor, de acuerdo con el precio de mercado del subyacente.

La Cámara de Compensación tiene un cierto número de miembros, y todas las transacciones de opciones se deben realizar a través de un miembro. Si la empresa no es miembro de este organismo, debe acordar realizar sus operaciones con un miembro. Los miembros necesitan tener una cantidad mínima de capital y contribuir a un fondo especial que puede ser utilizado si algún miembro no cumple con una obligación sobre una opción.

Cuando compra una opción, el comprador debe haberla pagado en su totalidad a la mañana siguiente del día de negociación, estos fondos se depositan en la cámara.

Cuando un inversionista desea ejercer una opción, lo notifica a su agente quien a su vez lo notifica a un miembro de la cámara a través del que opera; este miembro da orden de ejercicio en la cámara y la cámara selecciona al azar un miembro con la posición corta pendiente en la misma opción. El miembro, selecciona a un inversionista determinado que haya emitido la opción. Si la opción es de compra, el inversionista está obligado a vender acciones al precio de ejercicio. Se dice que el inversionista es *asignado,* cuando se ejerce una opción, el interés abierto baja en una unidad.

Al vencimiento de una opción, todas las opciones en dinero deben ejercerse a menos que los costos de transacción sean tan altos que puedan anular el rendimiento de la opción. Algunas agencias de valores ejercerán las opciones de sus clientes al vencimiento cuando sea el interés de los mismos hacerlo. La cámara ejerce opciones sobre acciones pertenecientes a particulares que están en dinero a menos que se les den instrucciones especificas de no hacerlo.

Algunos ejemplos de Cámara de Compensación son Option Clearing Corporation para Estados Unidos, para el caso de España es MEFF[22] (Mercado Español de Futuros y Opciones Financieras) y en México, Asigna.

2.2.7. REGULACIÓN

Los mercados y la cámara de compensación fijan reglamentos que ordenan la conducta de los operadores. Además, existen autoridades reguladoras federales y estatales. En términos generales, los mercados de opción han demostrado cierta voluntad para regularse ellos mismos. Los inversionistas pueden tener un alto nivel de confianza en la forma de funcionamiento del mercado.

En Estados Unidos de América se tienen varias cámaras reguladoras entre las cuales se encuentran el Securities Exchange Comisión (SEC) que es responsable de regular los mercados de opciones en acciones, índices de acciones, divisas y bonos a nivel federal y el Commodity Futures Trading

---

[22] Regularmente las organizaciones que manejan el mercado de opciones y la cámara de compensación son dos organizaciones diferentes que se manejan de manera independiente, pero en el caso de España funciona diferente ya que el MEFF es una organización que cumple con una doble función: 1º. Maneja el mercado de negociación de futuros y opciones y 2º. Actúa como la cámara de compensación de los productos derivados españoles.

Comisión (CFTC) que es responsable de regular los mercados de opciones sobre futuros. Por su parte, México se encuentra bajo la regulación de la Comisión Bancaria y de Valores (CNBV), que supervisa directamente las operaciones de la cámara de compensación, Asigna; la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el Banco de México.

En el caso particular de México, Asigna[23] cumple con las disposiciones marcadas por "Las Reglas a las que habrá de sujetarse las Sociedades de Fideicomisos que intervengan en el establecimiento y operación de un mercado de futuros y opciones cotizados en Bolsa"[24] y "Las disposiciones de carácter prudencial a las que sujetaran en sus operaciones los participantes en el mercado de futuros y opciones cotizados en Bolsa"[25].

A su vez Asigna, a través de las Reglas y Disposiciones Gubernamentales establece la creación de un marco autorregulatorio, lo que significa que Asigna cuenta con las facultades de emisión de normas, supervisión, dictaminación y sanción de las entidades con quien interactúa, es decir los Socios Liquidadores[26]. Su principio fundamental es el de neutralizar las pérdidas de cada uno de los portafolios a precios de mercado y un requerimiento adicional que permita cubrir el riesgo de un cambio de precio adverso; esto permite que la cámara cuente con recursos necesarios para enfrentar variaciones extremas en el precio de los subyacentes.

Las obligaciones de Asigna consisten en:

a) Fungir como contraparte ante operadores, instituciones de crédito, casas de bolsa o clientes, por las operaciones que por su cuenta liquiden los Socios Liquidadores.
b) Compensar y liquidar las operaciones en el MexDer.

---

[23] **www.asigna.com.mx**
[24] Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1996 y modificadas mediante resoluciones publicadas en el mismo diario Oficial de la Federación el 12 de agosto de 1998, 31 de diciembre de 2000 y 14 de mayo de 2004.
[25] Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de mayo de 1997 y modificadas mediante resoluciones publicadas en el mismo el día 12 de agosto de 1998, 31 de diciembre de 2000, 13 de agosto de 2001 y 22 de noviembre de 2001.
[26] Los Socios Liquidadores son fideicomisos de administración y pago que conforman el patrimonio de la cámara y que tienen como fin celebrar en la Bolsa y compensar con la cámara de compensación contratos de productos derivados por cuenta de los bancos, casa de bolsa o de sus clientes y realizar la liquidación de las operaciones concentradas en el mercado por lo que todos los operadores deberán de contratar los servicios de un liquidador.

c) Determinar Aportaciones Iniciales Mínimas[27] (AIM's), documentos para acciones depositadas como márgenes, posiciones límite.
d) Administrar y custodiar el fondo de aportaciones en valores y efectivo, así como el fondo de compensación.
e) Monitoreo en tiempo real.
f) Aplicar las medidas disciplinarias en el caso de incumplimiento o quebranto de un Socio Liquidador.

2.2.8. COMPENSACIÓN Y LIQUIDACIÓN

Para el caso particular de México en la liquidación puede ocurrir lo siguiente:

1. La liquidación de la prima por compra o venta de opciones, se efectúa el día hábil siguiente a la negociación.
2. El ejercicio anticipado de opciones origina una operación de compra-venta bursátil al día hábil siguiente de la notificación del ejercicio. La opción bursátil se liquida en el plazo establecido para la liquidación de operaciones bursátiles (dos días hábiles a la notificación del ejercicio).
3. El ejercicio al vencimiento origina una operación de compra-venta bursátil al día hábil siguiente que se liquida.

La compensación y liquidación se efectúa a través de dos tipos de cuentas: propia y de clientes.

Las posiciones en la cuenta propia se netean y las cuentas de terceros se segregan en forma bruta.

Una vez efectuada la compensación, se calcula la liquidación del mercado: el saldo positivo o negativo de los AIM's, se compensa con la liquidación de interés, comisión, variaciones del precio, y otros ajustes que se

[27] Es el depósito que Asigna calcula y exige en función de las obligaciones potenciales que se desprendan de operaciones de venta de opciones, nunca compra excepto cuando éstas sean ejercidas. Así cuando se compre una call o una put, la cámara no los exige. Esto es para evitar riesgos en caso de incumplimiento por parte de quienes tienen posiciones vendidas o ejercidas.

realizan en efectivo; De tal modo que para cada socio de la cámara se generará una cifra única a cargo o a favor. La liquidación se realizará a través del Sistema Centralizado de Pago del Banco de México (SPEUA) el día hábil siguiente de 9 a 10 a.m.

2.2.9. MERCADOS EXTRABURSÁTILES

No todos los contratos de opciones se negocian en mercados organizados. Las opciones sobre divisas, opción sobre tipos de interés y otros tipos de opciones frecuentemente se negocian extrabursatilmente entre dos instituciones financieras o entre una institución financiera y una de sus empresas clientes.

Las opciones extrabursátil sobre divisas son parecidas a las intercambiadas en mercados organizados. Para una empresa que desee cubrir su exposición al riesgo de cambio comprando una opción de compra o de venta, el mercado extrabursátil tiene la ventaja de que el precio de ejercicio y la fecha de vencimiento puede delimitarse para adaptarse a sus necesidades precisas. La desventaja es que la opción regularmente es más costosa de lo que habría sido si hubiese negociado en un mercado de cambios. Esto es porque la institución financiera que emite la opción desea obtener un beneficio y necesita compensaciones por las dificultades que puede tener al cubrir sus riesgos. La competencia entre instituciones financieras evita que las opciones extrabursátiles sobre divisas sean demasiado caras.

2.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO DE OPCIONES A NIVEL MUNDIAL

La aceptación de los mercados de opciones como instrumento financiero de uso generalizado entre agentes económicos tuvo lugar en Estados Unidos. Sin embargo, su rápido crecimiento propició la progresiva implantación de su negociación en otros países: Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, España, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Japón, Singapur, Suiza, Suecia y no hace mucho tiempo México.

2.4. EL MERCADO DE OPCIONES EN MÉXICO[28]

2.4.1 ANTECEDENTES

El 22 de marzo de 2004, se comenzó a operar con contratos de opciones en México, inaugurado por el Gobernador del Banco de México Guillermo Ortiz Martínez, a través del MexDer (Mercado Mexicano de Derivados), tras haber trabajado con el mercado de futuros y a través de los trabajos realizados por Asigna Compensación y Liquidación, Socios liquidadores, operadores, MEFF (Mercado Español de Futuros y Opciones Financieras) y MexDer en conjunto. Previo a este tipo de contratos se manejaron, desde octubre de 1992, títulos opcionales llamados también Warrants[29] los cuales se emitían sobre acciones, canastas de acciones e índices accionarios. Entre los negocios previos a la puesta en marcha de las opciones con respecto a México se encuentran los siguientes: Entre 1992 y 1994 se llevaron a cabo en las Bolsas de Luxemburgo y Londres, Warrants sobre acciones e índices accionarios mexicanos, a finales de 1992 se llevaron a cabo opciones sobre ADR's de Telmex L en el CBOE, siendo uno de los más exitosos en los últimos años. El 1993 se operaron en el CBOE más de 30 mil millones de dólares en opciones sobre Telmex, importe cercano al 50% de la operación total en acciones en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) durante ese año.

En 1994 se inicio la creación del Mercado de Derivados a través de la Bolsa Mexicana de Valores e Indeval[30]. La BMV financió el proyecto para la creación del MexDer mientras que Indeval asumió la responsabilidad de promover la creación de la Cámara de Compensación y Liquidación de Derivados, Asigna. El 31 de diciembre de 1996 fueron publicadas en el Diario

[28] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 11. "Opciones: Fundamentos Institucionales" y el documento ubicado en la dirección dentro de la pagina del MexDer: **http://www.mexder.com.mx/inter/info/mexder/avisos/Opciones_Listado_e_inicio_de_Operaciones_22_de_marzo_2004.doc**

[29] Estos títulos tienen características muy parecidas a las opciones. Una diferencia entre ambos es que los plazos de vencimiento no están estandarizados como es el caso de las opciones. Los emisores son casas de bolsa, bancos o empresas con acciones listadas en la Bolsa Mexicana de Valores.

[30] Instituto para el Depósito de Valores, creado el 28 de abril de 1978 con el fin de prestar servicios de custodia, administración, compensación, liquidación y transferencia de valores para que no sea necesario su transado físico.

Oficial de la Federación las "Reglas a que habrán de sujetarse las sociedades y fideicomisos que participen en la construcción y operación de un mercado de productos derivados cotizados en Bolsa", en las cuales se marca la estructura del mercado, las bases corporativas para la construcción de la bolsa y de la cámara de compensación y liquidación así como las formas de operación de sus participantes.

El 15 de diciembre de 1998, los futuros, comenzaron a operar dejando a las opciones en la segunda etapa de construcción del MexDer.

La presencia de las opciones en el Mercado Financiero Mexicano resulta de gran importancia debido a que permiten administrar riesgos financieros y mejorar rendimientos de inversiones de manera complementaria a los contratos de futuros, permitiendo a los intermediarios financieros más y mejores instrumentos para los inversionistas y a su vez representa un paso importante para la modernización y fortalecimiento de los Mercados Financieros Mexicanos ya que resulta uno de los instrumentos derivados de mayor crecimiento a nivel mundial.

2.4.2 ORGANISMOS QUE MANEJAN EL MERCADO DE OPCIONES[31]

Como se mencionó en el párrafo anterior las instituciones encargadas del mercado de opciones están manejados por la Bolsa Mexicana de Valores y estas son MexDer (Mercado Mexicano de Derivados), que es el encargado de manejar este mercado bajo el control de la Cámara de Compensación llamada Asigna.

MexDer inicio sus operaciones en diciembre de 1998 listando contratos de futuros. Desde el año 2001 el ritmo de crecimiento ha aumentado y ha logrado colocarse en uno de los mercados de más rápido y mayor crecimiento en derivados de tasas de interés a nivel mundial.

Toda operación realizada por el MexDer es compensada y liquidada por la Cámara de Compensación del Mercado Mexicano de Derivados llamada Asigna, la cual cuenta con una alta calidad crediticia, como se muestra en la

[31] Para obtener mayor información sobre MexDer y Asigna puede consultarse la página de Internet: **http://www.mexder.com.mx**

Tabla 1, donde es calificada por tres de las más importantes empresas calificadoras a nivel mundial:

Tabla 1

Calificadora	Calificación Local	Calificación Internacional
Fitch Rating	AAA (mex)	
Standard&Poor's	mxAAA/mxA-1+ local currency	BBB-/A-3 foreign currency BBB/A-2 local currency
Moody's	AAA.MX	A1

En MexDer, desde el día de la puesta en marcha del mercado de Opciones utiliza para su negociación S/MART (System for Markets Automatic Real Time). S/MART es el sistema electrónico que MEFF (Mercado Español de Futuros y Opciones Financieras) utiliza para la negociación, compensación y liquidación de sus mercados

2.4.3 TIPOS DE OPCIONES QUE SE MANEJAN EN MÉXICO

El tipo de contratos de opción con los que trabaja el MexDer son del tipo Americano y Europeo[32]. Entre ellos pueden negociarse contratos del tipo call y put. Están disponibles para su negociación de manera permanente y con fechas de vencimiento en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre.

2.4.4 TIPOS DE SUBYACENTE

En México los contratos de opciones se realizan sobre los siguientes subyacentes:

a) Índices → **Índice de Precios y Cotizaciones** de la BMV (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores que indica el rendimiento del mercado accionario en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada ponderada y representativa del conjunto de acciones cotizadas en bolsa.

[32] En general los contratos de opción son de tipo Americano en México, los únicos contratos de tipo Europeo son los que tienen por activo subyacente al IPC.

b) **EFT's** (Términos Específicos)[33] → **iShares S&P 500 Index**, que reproduce el comportamiento del S&P 100 Index el cual se compone de las 100 compañías más importantes y renombradas de Estados Unidos de América que cotizan en distintas bolsas de ese país, siendo este uno de los índices más representativos del desempeño de sus mercados de capital y **NASDAQ 100-Index Tracking Stock**[SM] (cuya clave es QQQ)[34], este tipo de contrato reproduce el comportamiento del índice NASDAQ 100 Index, el cual incorpora a más de 100 compañías más importantes y renombradas nacionales e internacionales no financieras nombradas en el NASDAQ Stock Market, que incluye las acciones de diversos sectores como lo son el tecnológico, de telecomunicaciones, comercial y biotecnología.

c) Acciones → **América Móvil**, en este caso el subyacente son las acciones sobre esta empresa y **Naftrac 02**[35] los cuales son títulos emitidos por Nafinsa, referenciados a las acciones que componen el IPC de BMV (que incluye a las 35 acciones más líquidas del mercado).

2.4.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTRATOS DE OPCIONES SOBRE LOS DISTINTOS SUBYACENTES

Las características y manera de operar de los contratos de opción sobre los subyacentes antes mencionados están registrados en las siguientes tablas[36].

---

[33] Los datos de este inciso están sustentados en lo encontrado en la pagina de Internet siguiente:**http://www.mexder.com.mx/inter/info/mexder/avisos/Comunicado%20de%20Prensa%20MexDer%2014%20enero%202005.doc,** para mayor información con respecto al S&P 500 index y el NASDAQ pueden consultarse las paginas: **www.standardandpoors.com** y **www.nasdaq.com**

[34] Es la réplica de un índice bursátil (Tracker)

[35] Los Naftrac intentan reproducir el comportamiento del IPC. Son certificados de Participación Ordinaria no amortizables, los cuales otorgan a sus tenedores el derecho de una parte alícuota de un portafolio de acciones fideicomitadas. Su precio es de al rededor de una milésima del IPC.

[36] Las tablas fueron extraídas de la información publicada en la página de MexDer: **http://www.mexder.com.mx**

Tabla 1. Características de Contratos de Opción en México sobre distintos Subyacentes.

Tipos de opciones	**Índices accionarios**	***				
	Acciones individuales		***	***	***	***
Características del Contrato	**Descripción**	**Indice de Precios y Cotizaciones de la BMV**	**América Móvil S.A. De C.V.**	**Naftrac 02**	**"Nasdaq 100-Index Tracking StockSM"**	**"iShares S&P 500 Index®" IVV**
	Clave	**IP**	**AX**	**NA**	**QQ**	**IV**
Tamaño del contrato		$10.00 (Diez pesos 00/100) multiplicados por el Precio o Prima del Contrato de Opción.	100 acciones	Cada contrato de Opción ampara 100 Acciones.	Cada contrato de Opción ampara 100 QQQ.	Cada contrato de Opción ampara 100 QQQ.
Tipos de Contratos	**Call (Compra)**	***	***	***	***	***
	Put (Venta)	***	***	***	***	***
Estilo del Contrato	**Europeo**	***	***	***	***	***
	Americano	***	***	***	***	***
Periodo del contrato (hasta por un año)	**Marzo**	***	***	***	***	***
	Junio	***	***	***	***	***
	Septiembre	***	***	***	***	***
	Diciembre	***	***	***	***	***
Precios de Ejercicio		Se expresan en puntos de IPC y son múltiplos de 50	Distara uno del otro dependiendo del precio de la Acción que sea el Activo Subyacente y siempre seran múltiplos de un intervalo.	Distara uno del otro dependiendo del precio de la Acción que sea el Activo Subyacente y siempre seran múltiplos de un intervalo.	Variación en múltiplos de $5.00 (Cinco pesos)	Variación en múltiplos de $5.00 (Cinco pesos)
Claves del mes de vencimiento	**Tipo/Mes**	**Call** / **Put**	**Call** / **Put**	**Call** / **Put**	**Call** / **Put**	**Call** / **Put**
	Marzo	C / O	C / O	C / O	C / O	C / O
	Junio	F / R	F / R	F / R	F / R	F / R
	Septiembre	I / U	I / U	I / U	I / U	I / U
	Diciembre	L / X	L / X	L / X	L / X	L / X
Clave de pizarra		IP + 5 dígitos que especifican el precio de ejercicio + 1 dígito que especifica el tipo de contrato de opción y el mes de vencimiento. Ejm. IP 10500C Opcion Call con vencimiento en Marzo	Los primeros dos dígitos corresponden al Activo Subyacente, se agregaran hasta 5 dígitos para especificar el precio de ejercicio (tres enteros y dos decimales) y un dígito mas tipo del contrato de opción y el mes de vencimiento. Ejm. AX 650U Opción PUT con vencimiento en Septiembre.	Los primeros dos dígitos corresponden al Activo Subyacente, se agregaran hasta 5 dígitos para especificar el precio de ejercicio (tres enteros y dos decimales) y un dígito mas tipo del contrato de opción y el mes de vencimiento. Ejm. NA 1030F Opción CALL con vencimiento en Junio.	Los primeros dos dígitos corresponden al Activo Subyacente, se agregaran hasta 5 dígitos para especificar el precio de ejercicio (tres enteros y dos decimales) y un dígito mas tipo del contrato de opción y el mes de vencimiento. Ejm. QQ 44000X Opción CALL con vencimiento en Diciembre.	Los primeros dos dígitos corresponden al Activo Subyacente, se agregaran hasta 5 dígitos para especificar el precio de ejercicio (tres enteros y dos decimales) y un dígito mas tipo del contrato de opción y el mes de vencimiento. Ejm. IV 18000R Opción PUT con vencimiento en Junio.

Tabla 1. Continuación. Características de Contratos de Opción en México sobre distintos Subyacentes.

Unidad de cotización	Puntos del IPC	Pesos y centavos de Peso por unidad de Activo Subyacente.	Pesos y centavos de Peso por unidad de Activo Subyacente.	Pesos y centavos de Peso por unidad de Activo Subyacente.	Pesos y centavos de Peso por unidad de Activo Subyacente.
Fluctuación mínima	Prima de 1.00 puntos de índice (IPC)	Prima de $0.01 (un centavo de peso)	Fluctuación mínima de la Prima de $0.01 (un centavo de peso)	Fluctuación mínima de la Prima de $0.01 (un centavo de peso)	Fluctuación mínima de la Prima de $0.01 (un centavo de peso)
Horario de negociación	7:30 a 15:00 hrs. Cd. México	7:30 a 15:00 hrs. Cd. México	7:30 a 15:00 hrs. Cd. México	7:30 a 15:00 hrs. Cd. México	7:30 a 15:00 hrs. Cd. México
Último día de negociación y vencimiento	Tercer viernes del mes de vencimiento o el dia hábil anterior, si dicho viernes es no hábil.	Tercer viernes del mes de vencimiento o el dia hábil anterior, si dicho viernes es no hábil.	Tercer viernes del mes de vencimiento o el dia hábil anterior, si dicho viernes es no hábil.	Tercer viernes del mes de vencimiento o el dia hábil anterior, si dicho viernes es no hábil.	Tercer viernes del mes de vencimiento o el dia hábil anterior, si dicho viernes es no hábil.
Liquidación al vencimiento	El día habil siguiente a la fecha de vencimiento.	Es el segundo día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.	Es el segundo día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.	Es el segundo día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.	Es el segundo día hábil siguiente a la Fecha de Vencimiento.

2.4.6 PUBLICACIÓN Y LECTURA DE COTIZACIONES

Debido a que las opciones resultan ser un instrumento muy reciente en el mercado mexicano, las cotizaciones con opciones se publican en periódicos especializados y de manera breve, como lo son “El Financiero” y “El Economista”. La siguiente ilustración muestra la manera en la que se presenta la cotización para las opciones con respecto al IPC y al índice Naftrac2 en el periódico **El Economista**[37], correspondientes a las fechas del 23 y 28 de marzo de 2006.

[37] La información sobre opciones aparece en la sección *Termómetro Financiero* de este periódico. La información corresponde al día anterior de cotización, es decir, la información que apareció el día 23 de marzo corresponde a los contratos publicados en la pagina del MexDer el día 22 de marzo, así también la información del día 28 de marzo corresponde a la publicada el día 27 de marzo.

Cotización de las Opciones

Mexder Opciones

	Subyacente		P. Ejerc.	P Liq.	Cambio	Int. Ab.
IPC/JUN6	19,598.11	P	14,700	0.00	0.00	1,444
IPC/SEP6	19,598.11	P	18,000	236.00	47.00	11,019
Naftrac2/MZ6	19.53	P	19.00	0.29	-0.01	30,000

P se refiere a opciones *put* C se refiere a opciones *call*

23 marzo 2006

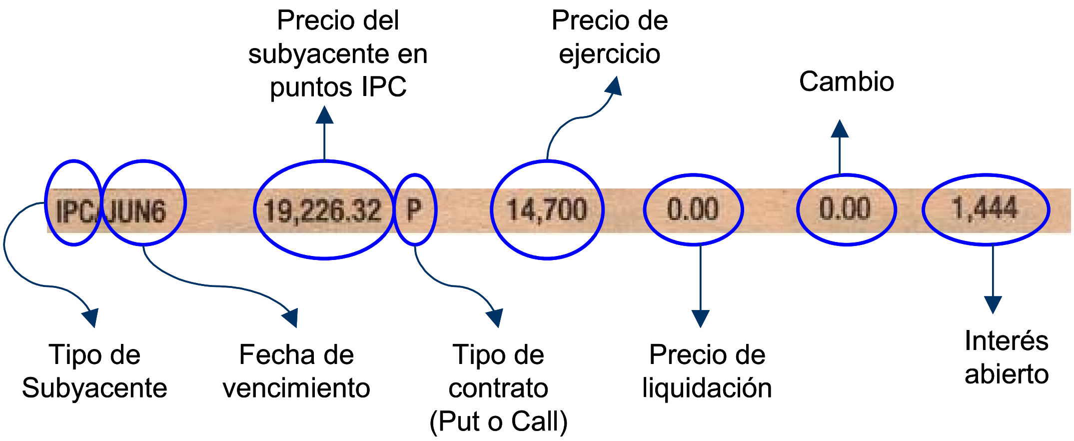
Mexder Opciones

	Subyacente		P. Ejerc.	P Liq.	Cambio	Int. Ab.
IPC/JUN6	19,226.32	P	14,700	0.00	0.00	1,444
IPC/SEP6	19,226.32	P	18,000	270.00	21.00	11,019
Naftrac2/MZ6	19.20	P	19.00	0.40	0.03	30,000
Naftrac2/SEP6	19.20	P	19.50	0.73	0.04	30,000

P se refiere a opciones *put* C se refiere a opciones *call*

28 marzo 2006

De las figuras anteriores se observa que los datos que se publican en los periódicos corresponden: al precio del subyacente, precio de ejercicio, precio de liquidación, cambio y el interés abierto. El tipo de opción al que se refiere aparece al comienzo de cada renglón seguido de su fecha de vencimiento, luego del precio del subyacente aparece una letra, que apoyándonos en la información dada al final de la tabla, se sabe corresponde al tipo de contrato al que se refiere esa opción en particular. Por ejemplo, al observar el primer renglón del segundo cuadro donde aparece:



Lo que puede interpretarse es que se trata de un contrato sobre IPC el cual vencerá en Junio de 2006 con un precio del subyacente de 19,226.32 puntos IPC, es un contrato de tipo put, con precio de ejercicio 14,700 puntos IPC, con un tipo de cambio y precio de liquidación que tienen valor cero (lo que quiere decir que no ha fijado ningún precio para liquidar la opción y no ha habido cambios en esa opción con respecto al día anterior) y un interés abierto de 1, 444 lo que indica el total de contratos vigentes.

La información también puede ser consultada vía Internet en la pagina del MexDer[38], donde al entrar marca varias opciones y dentro de la sección: *Información de Mercados* en la parte de *Boletín diario y Bases de datos* se puede obtener la información de la cotización del día en el primero y la información por trimestres en el segundo.

La información se presenta de la siguiente manera:

Indicadores del Mercado

MexDer

Mercado Mexicano de Derivados

de Productos Derivados

- Resumen de Mercado
- Boletín Diario de Transacciones
- Avisos de Mercado

Boletín de Opciones / Options Bulletin

31 DE MARZO DE 2006 AÑO 3 NÚMERO 520

FECHA DE VENCIMIENTO MATURITY DATE	CALL / PUT	PRECIO DE EJERCICIO STRIKE PRICE	OPERAC. TRADES	VOLUMEN VOLUME	IMPORTE NOCIONAL $ pesos NOTIONAL AMOUNT	PRECIO DE LIQUIDACIÓN SETTLEMENT PRICE	VARIACIÓN CHANGE $	VARIACIÓN CHANGE %	VOLATILIDAD % IMPLÍCITA IMPLIED VOLATILITY %	DELTA	CONTRATOS ABIERTOS OPEN INTEREST
OPCIONES SOBRE INDICES / EQUITY INDEX OPTIONS IPC											
ALOR SUBYACENTE / UNDERLYING		19,272.63		VAR. CHANGE:	0.31%						
16/06/2006	C	13,800	N.O.	N.O.	0	5,504.00	44.00	0.81	16.60	0.98	234
16/06/2006	P	13,800	N.O.	N.O.	0	0.00	0.00	0.00	16.42	0.00	387
15/09/2006	C	13,800	N.O.	N.O.	0	5,733.00	53.00	0.93	17.23	0.96	0
15/09/2006	P	13,800	N.O.	N.O.	0	0.00	0.00	0.00	16.03	0.00	0
15/12/2006	C	13,800	N.O.	N.O.	0	5,969.00	56.00	0.95	17.19	0.94	0
15/12/2006	P	13,800	N.O.	N.O.	0	3.00	-1.00	-25.00	17.19	0.00	0
16/03/2007	C	13,800	N.O.	N.O.	0	6,154.00	48.00	0.79	18.34	0.92	0
16/03/2007	P	13,800	N.O.	N.O.	0	5.00	0.00	0.00	15.91	0.00	0
16/06/2006	C	14,000	N.O.	N.O.	0	5,307.00	43.00	0.82	16.60	0.98	0
16/06/2006	P	14,000	N.O.	N.O.	0	0.00	0.00	0.00	16.44	0.00	0
15/09/2006	C	14,000	N.O.	N.O.	0	5,540.00	53.00	0.97	17.24	0.96	0
15/09/2006	P	14,000	N.O.	N.O.	0	0.00	0.00	0.00	16.08	0.00	0
15/12/2006	C	14,000	N.O.	N.O.	0	5,781.00	56.00	0.98	17.18	0.94	0
15/12/2006	P	14,000	N.O.	N.O.	0	5.00	0.00	0.00	17.18	0.00	0
16/03/2007	C	14,000	N.O.	N.O.	0	5,972.00	48.00	0.81	18.30	0.92	0

En la ilustración anterior se representa una parte del Boletín diario que aparece en la pagina del MexDer, en este caso corresponde a la información del día 31 de marzo de 2006 correspondiente al IPC. En la Lista anterior aparecen los siguientes datos de izquierda a derecha: Fecha de vencimiento, Tipo de contrato (call/put), Precio de Ejercicio, Operaciones, Volumen, importe nacional en pesos, Precio de liquidación, variación (Cambio en precio y porcentaje),Volatilidad implícita, delta del contrato y Número de contratos Abiertos. Al inicio de la tabla se marca el tipo de subyacente (en este caso IPC) el precio del subyacente y el cambio de varianza.

Dado lo anterior lo que se tiene en el tercer renglón de la imagen anterior se interpreta de la siguiente manera.

15/09/2006	C	13,800	N.O.	N.O.	0	5,733.00	53.00	0.93	17.23	0.96	0

Debido a que fue extraída de la tabla anterior se sabe que es una opción con subyacente IPC cuyo valor es de 19 272.63 puntos IPC, un cambio de varianza del 0.31%. Siendo su fecha de vencimiento el 15 de septiembre de 2006, un contrato de tipo call, un precio de ejercicio de 13,800 puntos IPC, sin ninguna operación, ni un volumen especifico, sin importe nacional, con precio

[38] **http://www.mexder.com.mx**

de liquidación de 5 733, una variación de 53 pesos y 0.93%, con volatilidad implícita del 17.23%, un delta de 0.96 y cero contratos abiertos.

En el caso de la base de datos se pueden obtener los precios trimestralmente, de aquí se obtiene un archivo con la estructura siguiente:

Fecha de Operación	Clase	Strike	Serie	Fecha de Vencimiento	Num. de Operaciones	Precio de Liquidación	Interés Abierto	Total
03/10/2005								
	IP	12000	Call Septiembre	15/09/2006	0	$ 4,814.00	-	0
			Put Septiembre	15/09/2006	0	$ 11.00	-	0
			Call Diciembre	16/12/2005	0	$ 4,248.00	-	0
			Put Diciembre	16/12/2005	0	$ -	-	0
			Call Marzo	17/03/2006	0	$ 4,487.00	-	0
			Put Marzo	17/03/2006	0	$ -	-	0
			Call Junio	16/06/2006	0	$ 4,622.00	-	0
			Put Junio	16/06/2006	0	$ 5.00	-	0
		Total 12000						0
		12500	Call Septiembre	15/09/2006	0	$ 4,362.00	-	0
			Put Septiembre	15/09/2006	0	$ 21.00	-	0
			Call Diciembre	16/12/2005	0	$ 3,757.00	-	0
			Put Diciembre	16/12/2005	0	$ -	-	0
			Call Marzo	17/03/2006	0	$ 4,008.00	-	0
			Put Marzo	17/03/2006	0	$ 1.00	-	0
			Call Junio	16/06/2006	0	$ 4,156.00	-	0
			Put Junio	16/06/2006	0	$ 12.00	-	0
		Total 12500						0

En esta sección aparecen los vencimientos de las opciones correspondientes a un trimestre. Ésta en particular se refiere al IPC, el cual lo clasifica por fecha y precio strike (ejercicio). La imagen anterior corresponde al cuarto trimestre de 2005. Muestra la fecha de operación: 3 de octubre de 2005 con un subyacente de IPC, en la primera sección se maneja un precio de ejercicio de 120 000 y en la segunda parte (de arriba hacia abajo) para un precio de 125 000, las series manejadas, que corresponden al tipo de contrato emitido. En el primer renglón se observa una call con vencimiento el 15 de septiembre de 2006, sin ningún número de operaciones, un precio de liquidación de $ 4 814, sin interés abierto[39].

[39] En este caso no aparece el precio del subyacente por lo que de ser necesario debe consultarse en otra liga dentro de Internet, una de las direcciones que otorga estos datos se encuentra en la siguiente pagina: **http://mx.finance.yahoo.com**

CAPÍTULO 3

OPCIONES SOBRE DIFERENTES SUBYACENTES

Como se mencionó anteriormente, un contrato de opción puede ser emitido sobre cualquier tipo de valor (al que se llamará subyacente), entre ellos se tienen: acciones, divisas, índices bursátiles, tipos de interés, futuros, opciones[1], etc. En este capítulo se mencionarán las características de los contratos sobre acciones, divisas e índices bursátiles.

3.1 OPCIONES SOBRE ACCIONES

Los inversionistas individuales frecuentemente recurren a las opciones sobre acciones debido a su bajo costo unitario.

Son semejantes a los demás tipos de opción de compra y venta, excepto por suponer la existencia de un activo o bien subyacente específico, además están sujetas a las mismas cláusulas de las fuerzas de mercado.

Entre los principales objetivos que se buscan al ser emitidas se encuentran:

1. Reducir el costo de la inversión aprovechando el apalancamiento.
2. Asegurar un precio para la transacción futura.
3. Mejorar la rentabilidad de unas acciones ya compradas
4. Como un seguro contra caída de precio de las acciones.
5. Para comprar acciones con descuento.
6. Como medio de especulación a la alza o a la baja.

[1] Existe bibliografía especializada en cada uno de los contratos, una de las fuentes que contiene la explicación de cada uno de estos tipos de contrato es: HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001.

3.1.1 PROPIEDADES DE LAS ACCIONES

Su manera de operar es la siguiente[2]:

Se crean inicialmente opciones call y put a dos o tres precios distintos de ejercicio, que se fijan con referencial al precio de mercado.

Los movimientos del mercado dan lugar a nuevas contrataciones para cubrir los nuevos precios.

Las características de estos mercados pueden resumirse en: la creación de mercados centralizados; la existencia de Cámara de compensación (*Clearing House*), separación de las condiciones del operador (*broker*) y el negociador (*dealer*); ausencia de certificados y utilización de contratos normalizados. El vencimiento máximo de una operación suele ser de 9 meses.

Cuando se emite un contrato de opción sobre acciones es necesario tomar en cuenta los siguientes factores[3], ya que de éstos dependerá el precio de la opción.

1. El precio actual de las opciones.
2. El precio de ejercicio.
3. El tiempo de expiración.
4. La volatilidad del precio de las acciones.
5. El tipo de interés libre de riesgo.
6. Los dividendos esperados durante la vida de la opción.

[2] COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 428

[3] La información en esta sección se basó en la información que contiene la siguiente bibliografía: [3] HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001. Capitulo 8 Pág. 217-244.

1. PRECIO DE LAS ACCIONES Y PRECIO DE EJERCICIO

Aun cuando el precio de las opciones se vea influido por factores como el periodo de vencimiento, la volatilidad de las acciones, la tasa de interés del mercado, las condiciones de oferta y demanda; la variable más importante es el comportamiento del precio del mercado de las acciones comunes subyacentes. Esta variable determina los movimientos significativos en el precio de la opción y su potencial de ganancia. De esta manera las opciones de compra se verán beneficiadas cuando haya un aumento en el precio de las acciones mientras que las opciones de venta se beneficiarán de una disminución en el precio de las acciones.

Si se ejerce en algún momento en el futuro, el resultado de una opción de compra será la cantidad por la cual el precio de las acciones excede del precio de ejercicio. Debido a lo anterior las opciones de compra tienen más valor cuando el precio de las acciones aumenta y menos valor cuando el precio de ejercicio aumenta. Para una opción de venta, el resultado de su ejercicio es la cantidad en la cual el precio de ejercicio excede del precio de las acciones (Figura 8). En las opciones de venta sucede lo contrario a las opciones de compra. Las opciones tienen mayor valor cuando el precio de las acciones aumenta y menor valor cuando disminuye(Figura 9).

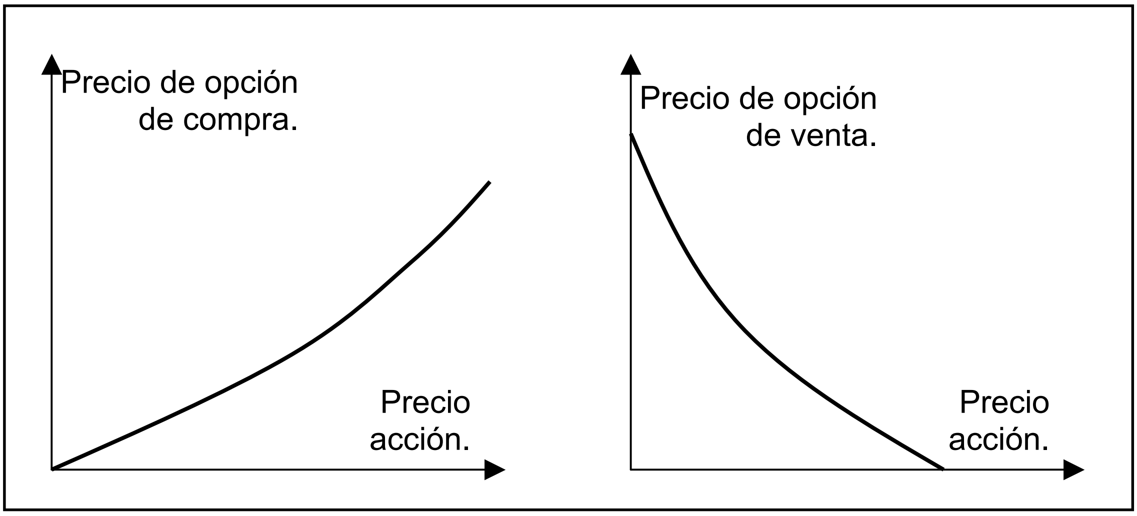


Figura 8.
Efecto de los cambios en el precio de la acción sobre el precio de las opciones.

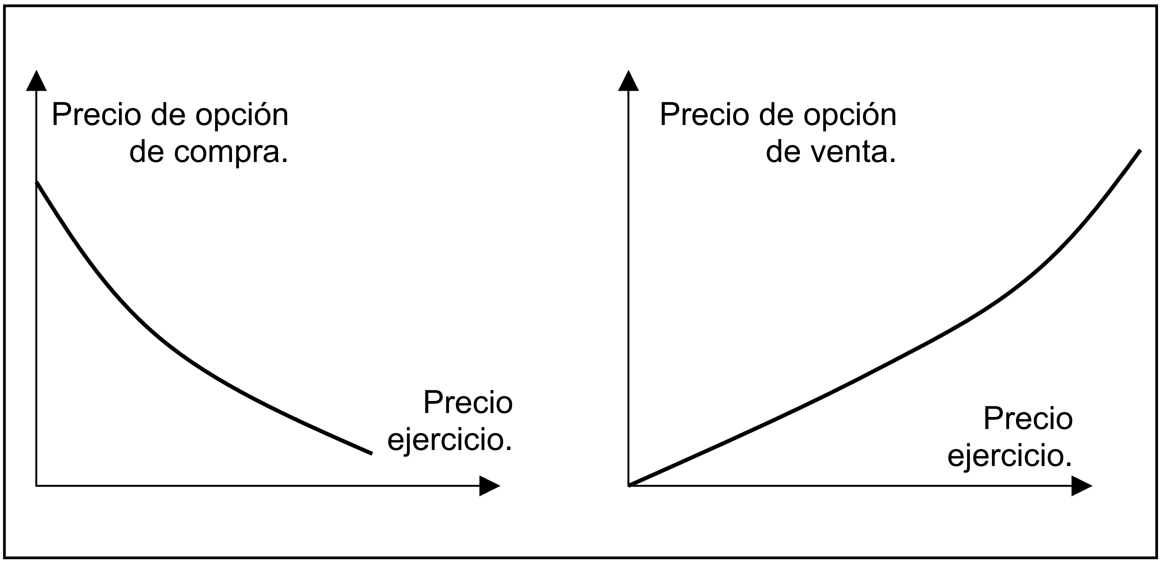


Figura 9.
Efecto de los cambios en el precio de ejercicio sobre los precios de las opciones.

2. TIEMPO PARA EL VENCIMIENTO

Las opciones americanas de compra y venta tienen mayor valor cuanto mayor es el tiempo que falta para el vencimiento. Lo anterior se ilustra en la Figura 10, la cual está basada en la hipótesis de que el precio de las acciones es menor que el precio de ejercicio. Lo que explica porque el valor de la opción de compra es cero cuando llega la fecha de vencimiento, mientras que la opción de venta tiene valor positivo en ese momento.

Las opciones europeas de compra y venta no tienen necesariamente más valor cuando el tiempo que falta para el vencimiento es mayor. Lo anterior es debido a que no es cierta la afirmación de que el propietario de una opción europea de vida larga tenga más oportunidades de ejercicio abiertas que el propietario de una opción europea de vida corta. El propietario de unan opción europea de vida larga sólo puede ejercer al vencimiento de la opción. Si se consideran a dos opciones europeas de compra sobre acciones, una con fecha de vencimiento de un mes y la otra con vencimiento de dos meses. Suponiendo que se espera un dividendo muy grande dentro de seis semanas, el dividendo hará que el precio de las acciones baje. Es posible que ésto produzca que la opción de vida corta tenga mayor valor que la opción de vida larga.

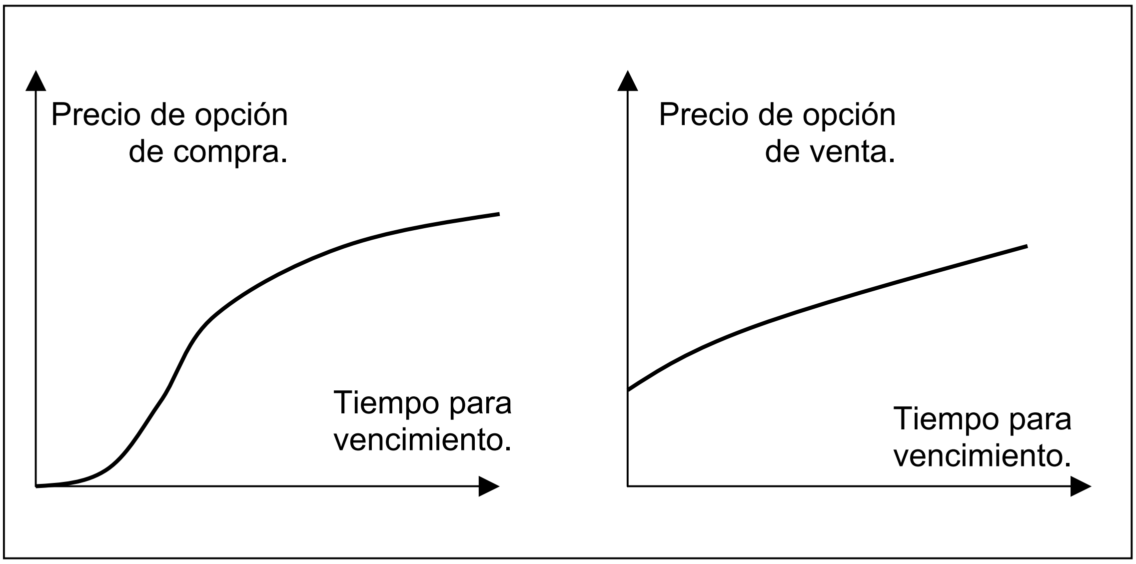


Figura 10.
Efecto de los cambios en la fecha de vencimiento sobre los precios de las opciones.

3. VOLATILIDAD

La volatilidad del precio de las acciones es la medida de incertidumbre sobre los movimientos futuros del precio de las acciones. Cuando la volatilidad aumenta, la posibilidad de que las acciones vayan muy bien o muy mal aumenta. Para el propietario de las acciones, estos dos resultados tienden a compensarse el uno con el otro. Sin embargo, el propietario de una opción de compra se beneficia de los incrementos del precio pero ha limitado el riesgo de pérdida en el caso de un incremento del precio, de forma que lo máximo que puede perder es el precio de la opción (prima). El propietario de una opción de venta se beneficia de las disminuciones de precio pero tiene limitado el riesgo de pérdida en el caso de un incremento en el mismo. El valor de ambas opciones, de compra y venta, aumenta cuando la volatilidad es mayor.

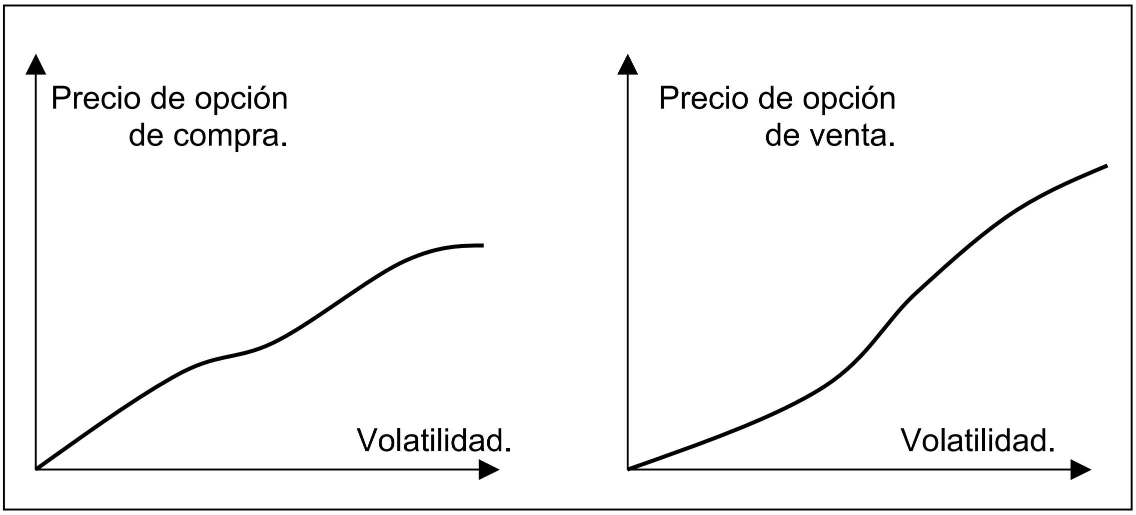


Figura 11.
Efecto de los cambios en la volatilidad en los precios de las opciones.

4. TASA LIBRE DE RIESGO

Cuando los tipos de interés en la economía aumentan, la tasa de crecimiento esperada del precio de las acciones tiende a subir. El valor actual de cualquiera de los flujos de caja futuros recibidos por el propietario de la opción disminuye. Estos dos efectos tienden a disminuir el valor de una opción de venta, de aquí que los precios de la opción bajen cuando el tipo de interés libre de riesgo sube (Figura 12, gráfica derecha). En el caso de las opciones de compra, el primer efecto tiende a incrementar el precio mientras que el segundo tiende a disminuirlo. El primer efecto siempre domina al segundo, lo que implica que los precios de las opciones de compra, siempre aumentan cuando el tipo de interés libre de riesgo sube (Figura 12, gráfica izquierda).

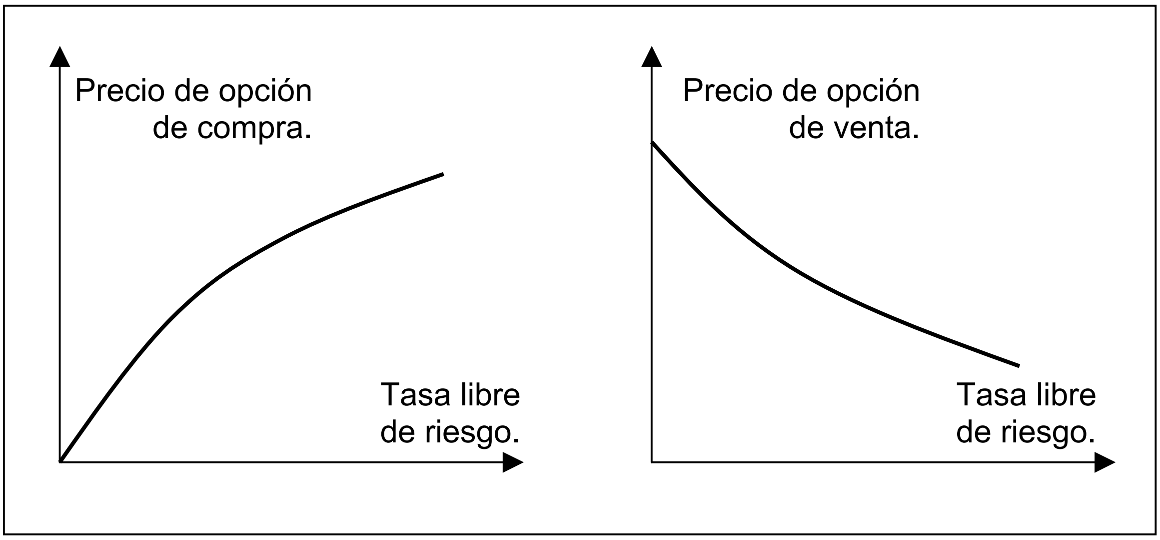


Figura 12.
Efecto de los cambios de la tasa libre de riesgo en los precios de las opciones.

5. DIVIDENDOS

Los dividendos tienen el efecto de reducir el precio de las acciones en la fecha ex-dividendo. Lo cual resulta negativo para el valor de las opciones de compra y positivo par las opciones de venta. Los valores de las opciones de compra están correlacionados de forma negativa con los valores de los dividendos anticipados. En las gráficas mostradas en la Figura 13 se muestra la relación entre el valor actual de los dividendos anticipados y los precios de las opciones.

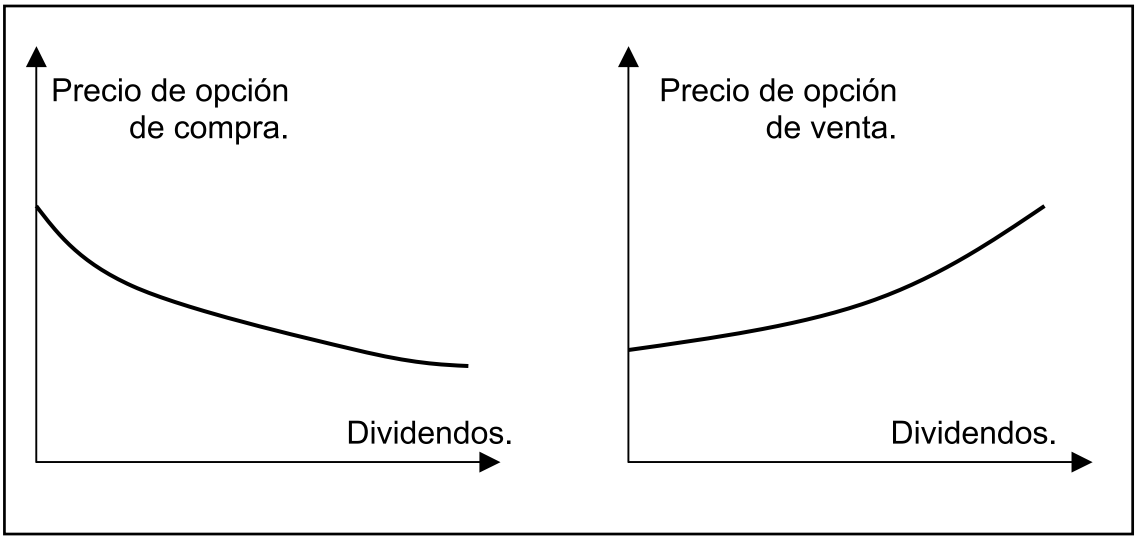


Figura 13.
Efecto de los cambios en los dividendos en los precios de las opciones.

3.2 OPCIONES SOBRE DIVISAS E ÍNDICES BURSÁTILES

3.2.1 OPCIONES SOBRE DIVISAS

Desde 1982, el Philadelphia Stock Exchange comenzó a negociar con opciones de divisas. En 1993, las divisas negociadas eran en dólar australiano, libra británica, dólar canadiense, marco alemán, yen japonés, franco francés y franco suizo.

Este tipo de opciones proporciona a los inversionistas un medio de especulación con los tipos de cambio o para resguardar carteras de divisas o valores extranjeros.

Este tipo de contrato otorga el derecho mas no la obligación de comprar o vender, mediante el pago de una prima, una divisa a un tipo de cambio acordado antes de o en una fecha[4] futura determinada.

Este tipo de contrato puede llevarse a cabo de dos maneras:

1. Directamente sobre la divisa.
2. Sobre contratos de futuros de divisa.

3.2.1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CONTRATO

Las opciones sobre divisas se comercializan en centavos cerrados o fraccionarios por unidad de divisa subyacente, en relación con el monto en divisas implicado. ***Por ejemplo***: Si una empresa debe recibir libras esterlinas en un momento conocido en el futuro puede cubrir su riesgo comprando opciones de venta sobre libras esterlinas que venzan en ese momento, lo que garantiza que el valor de la libra no será menor que el precio de ejercicio, mientras que permite a la empresa beneficiarse de cualquier movimiento favorable en el cambio. De manera similar, una empresa que debe pagar libras esterlinas en un momento futuro determinado puede cubrirse comprando opciones de compra sobre libas esterlinas que venzan en ese momento, lo que garantizará que el costo de la libra esterlina no será mayor que cierta cantidad, mientras que permite a la empresa beneficiarse de los movimientos favorables de tipo de cambio. Mientras que un contrato a plazo cierra el tipo de cambio para una transacción futura; una opción proporciona un tipo de seguro, el cual no es gratis por lo que habrá de pagarse lo correspondiente a la prima.

Ejemplo:

Un precio de mercado de 150 implica que cada unidad de divisa extranjera (podría ser libra esterlina) vale 150 centavos, o $ 1.50, en dólares. Si un inversionista poseyera una opción de compra (150) sobre esa divisa extranjera, obtendría ganancias si la divisa se fortalece en relación con el dólar de tal forma que el tipo de cambio aumente (por ejemplo, 155). De lo contrario si poseyera una opción de venta (150) obtendría ganancias de una reducción del tipo de cambio (por ejemplo, 145).

[4] El momento de ejercicio dependerá del tipo de contrato que se maneje: europeo o americano.

3.2.2 OPCIONES SOBRE ÍNDICES BURSÁTILES

Este tipo de opciones aparece en marzo de 1983 y es muy popular entre inversionistas individuales e institucionales.

En este tipo de contrato el subyacente no es tal cual el índice sobre el cual se emite, sino una cartera de activos, de aquellos que componen el índice y en determinada proporción[5].

Algunos de los índices bursátiles siguen los movimientos del mercado en su conjunto. Otros están basados en rendimientos de un determinado sector (por ejemplo: tecnología informática, petróleo y gas, transporte, o teléfonos).

Al comprar o vender cualquier tipo de índice a un precio razonable y suponiendo que dicho índice va a la alza se podría invertir en un valor que siguiera el comportamiento del precio del índice y así obtener ganancias cuando el precio de ejercicio aumente. En este caso no habría necesidad de seleccionar emisiones especificas con la esperanza de obtener algún beneficio.

Entre los índices comercializados en los contratos de opciones se encuentran:

- Índice S&P 500 (Operado en la CBOE)
- Índice S&P 100 (CBOE)
- Índice Value Line (Philadelphia Exchange)
- Índice de Ejercicio Mayor (AMEX)
- Índice Institucional (AMEX)
- Índice S&P MidCap (AMEX)
- Índice de Precios y Cotizaciones (MexDer).

[5] COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 422

3.2.2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CONTRATO

Este tipo de contratos pueden contratarse de dos maneras diferentes:

a) *OPCIONES DIRECTAS SOBRE UN ÍNDICE*.

En este contrato el objetivo es la adquisición de determinado índice. Las liquidaciones del ejercicio de la opción resultan del diferencial entre el precio de ejercicio y el existente en la fecha en que se vence dicho contrato.

***b) OPCIONES SOBRE FUTUROS DE ÍNDICES*.**

En este caso, se contrata el derecho de adquirir al precio de ejercicio del contrato de futuro a que se refiere la opción.

Las opciones sobre índices bursátiles tienen dos características principales y únicas[6]:

1. El subyacente no existe como tal. Se hace referencia a una cartera de activos que compone el índice y en una proporción precisa para reproducirlo (Ejemplo: S&P100, corresponde a la media ponderada de las 100 acciones norteamericanas más importantes).

Debido a la falta de cartera como tal, la posibilidad de arbitraje entre la opción y su activo es limitado e imperfecto.

2. La liquidación de las opciones sobre un índice se realiza regularmente en efectivo. Ésto facilita la liquidación, que suele realizarse al siguiente día hábil de la fecha de ejercicio. No hay necesidad de entregar el valor, lo cual reduce costos de transacción y elimina riesgos.

La cantidad que se abona corresponde a la diferencia entre el índice al cierre en a fecha de ejercicio y el precio fijado por en el contrato, lo que implica que el inversionista decide el precio de la opción desconociendo la cantidad que va a recibir hasta que llega el cierre de mercado. La decisión implica un

---

[6] Estos datos se encuentran basados en la información encontrada en: COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 429

riesgo temporal con respecto a las perspectivas de rentabilidad cuyo resultado puede llegar a ser mermado e incluso con pérdidas.

Entre los datos que deben determinarse para este tipo de contrato son:

a) Tamaño de contrato

En el cual:

- No se hace referencia a un número de títulos.
- Se introduce un "multiplicador" que suele ser de 100 a 500 unidades monetarias.
- El valor del contrato es igual al producto del multiplicador por el nivel resultante del índice.

Para el caso de México, donde se emiten opciones sobre IPC, el tamaño del contrato será de $10 por cada punto del IPC, las primas se cotizan en puntos de IPC por lo que para averiguar su valor monetario habrá de multiplicarse por $10.

b) Precio de la opción

El cual:

- Se expresa en puntos y fracciones de punto.
- Un punto equivale a tantas unidades monetarias como expresa el multiplicador.
- El valor monetario de compra o venta de un contrato es igual a: $V_m = P_{it} * m$

Siendo

V_m : Valor monetario del contrato

P_{it} : Precio o cotización de compra o venta del contrato sobre el índice.

m : Multiplicador

- Al vencimiento si no existieran márgenes de variación, la liquidación L será igual a: $L = (P^*_{it} – P_{io}) * m$

Siendo

P^*_{it} : La cotización de liquidación (última cotización del contrato definida por la bolsa)

P_{io} : La cotización a la cual se compra el contrato.

3.2.2.2 RIESGO DE LAS OPCIONES SOBRE ÍNDICES BURSÁTILES[7]

- Las Bolsas no se responsabilizan de la publicación incorrecta o tardía del índice.
- La interrupción en la cotización de alguna de las acciones no interrumpe la publicación del índice, por lo que tal información no tendrá la debida actualización.
- Cualquier interrupción en el mercado de opciones generaría la imposibilidad de cerrar posiciones y posiblemente habría restricción en su ejercicio.
- Los ajustes en la composición del índice o en su método de cálculo no afectan a las opciones vinculadas, salvo que se produzca una discontinuidad significativa.

Ejemplo[8] 1:

Un gestor a cargo de una cartera valorada en 500 000 dólares está preocupado porque el mercado puede bajar rápidamente durante los tres próximos meses y le gustaría utilizar opciones como tipo de cobertura. La cartera se espera que se refleje el S&P 100, el cual actualmente está en 250. la cartera tiene un valor de 2 000 veces el índice. Está disponible una opción de venta a tres meses sobre S&P 100 común precio de ejercicio de 240.

Si el gestor compra 20 contratos de opciones de venta con un precio de ejercicio de 240; se puede decir que el valor de la posición del gestor no caerá por debajo de 480 000 dólares.

Tomando en cuenta que el índice cayó a 225 en el periodo de tres meses. La cartera estaba valorada en 450 000 dólares. El pago de la opción fue 20 x (240$ - 225$) x 100 = 30 000 dólares regresando el valor de la posición a 450 000 $ + 30 000 $ = 480 000 dólares.

[7] COSTA, Luis, FONT Montserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, 2ª Edición, Editorial ESIC, Madrid 1992, pp 430

[8] HULL, John C., **INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, España, 2a. Edición, Editorial Prentice Hall, 2001. Capitulo 12 Pág. 319.

Ejemplo*[9] *2:

Se tiene un portafolio accionario con valor de $ 1 300 000 que desea cubrir ante una posible baja.

Suponiendo que el IPC se encuentra hoy a 12 000 puntos y se venden 10 contratos de opción de IPC al mes de marzo en 13 000 puntos. Llegando marzo sus acciones caen con un valor neto del 5% y el IPC desciende 7% con respecto a 12 000.

En este caso se tiene lo siguiente:

Pérdidas Ganancias

$1 300 000 – 5% = $ 65 000

13 000 – (12 000-7%) = 1 840 puntos

1 840 x $10 por punto = $18 400 por contrato

$18 400 x 10 contratos = $184 000

Aun cuando el entorno fue inestable, se cubrió y se ganó $18 400 - $65 000 = $119 000

[9] Este ejemplo está basado en el encontrado en la página web del MexDer: **http://www.mexder.com.mx**

3.2.2.3 IPC EN MÉXICO

La Bolsa Mexicana de Valores[10] (BMV), además de medir el comportamiento de los mercados bursátiles, calcula diferentes índices de los que el principal es el Índice[11] de Precios y Cotizaciones (IPC).

El IPC es un número abstracto, expresa el precio promedio del mercado accionario, en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de acciones cotizadas en la Bolsa Mexicana de Valores (más o menos 35, que operan en diferentes sectores económicos). Mostrando así y desde octubre de1978, año en que fue aplicado en su principal estructura, la situación del mercado bursátil y su dinamismo operacional.

Este índice constituye un fiel indicador de las fluctuaciones del mercado accionario, debido a dos conceptos:

1. Representatividad en la muestra. Debido a la operatividad del mercado que es asegurada mediante la selección de las emisoras lideres determinadas a través de su bursatilidad.
2. Estructura del cálculo. La cual contempla la dinámica del valor de capitalización del mercado representando éste por el valor de capitalización de las emisoras que constituyen la muestra del IPC.

Tiene como principal objetivo ser un indicador altamente representativo y confiable del Mercado Accionario Mexicano.

Sus características generales se muestran en la siguiente tabla[12]:

---

[10] La Bolsa Mexicana de Valores es una sociedad anónima de capital variable con concesión de la Secretaria de Hacienda y Crédito Publico, eje del mercado financiero mexicano. Tiene por objetivo dar transparencia al mercado de valores, facilitar que sus negocios y las casas de bolsa realicen las operaciones de compra y venta ordenadas por sus clientes; hacer viable el financiamiento a las empresas y gobierno a través de la colocación primaria de títulos en el mercado y proveer el medio para que los tenedores de títulos inscritos en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios intercambien sus valores (mercado secundario).

[11] Un índice puede ser un precio dividido entre otro precio base, una cantidad dividida entre otra cantidad base o bien un índice mixto: La multiplicación de un precio por una cantidad, dividido entre otro producto de un precio por una cantidad base.

[12] La tabla mostrada en esta sección fue obtenida de la página de la bolsa Mexicana de Valores: **http://www.bmv.com.mx**

I. Características generales del IPC.

Concepto	Características	Criterio de Selección
Fórmula	Mide el cambio diario del valor de capitalización de una muestra de valores	Esta fórmula evalúa la trayectoria del mercado, y facilita su reproducción en portafolios, sociedades de inversión y carteras de valores que pretendan obtener el rendimiento promedio que ofrece el mercado.
Ponderación	La ponderación es realizada con el valor total de capitalización de cada serie accionaria.	Con la finalidad de que el IPC permita una apropiada distribución de riesgo en los portafolios se pretende diversificar la muestra de tal suerte que la ponderación resulte en una muestra con el mejor balance posible.
Criterios de Selección	1. Bursatilidad (alta y media)	Con este indicador se asegura que las empresas sean las de mayor negociación en la BMV
	2. Valor de Capitalización	Este criterio busca que las empresas consideradas, sean significativas en su ponderación y distribución en la muestra.
	3. Restricciones adicionales	Con las medidas establecidas en este rubro, se permite tener condiciones claras en el mantenimiento y selección de empresas para la muestra.
Tamaño de la muestra	Actualmente es de 35 series accionarias (ha oscilado entre 35 y 50)	El tamaño está determinado en función de los siguientes aspectos: Número de empresas que reúnan todos los criterios establecidos. Características del Mercado Mexicano. Amplitud suficiente como para no catalogarse como un Índice estrecho ("Narrow Index").
Periodicidad de la revisión de la muestra	Cada año	La revisión será anual de acuerdo a los criterios establecidos en los puntos anteriores. Se comunicará con la mayor oportunidad posible las empresas que se determine tengan que salir y entrar en la muestra. Esta medida permite que los administradores de valores puedan prever la reconstitución de sus carteras con anticipación.

II. MUESTRA[13]

1. Tamaño de la muestra

El número de series que conforma la muestra del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) es de 35 series accionarías, las cuales podrían variar en función de los criterios de selección, los cuales serán mencionados a continuación.

2. Criterios de selección

1. Como primera selección se consideran las 35 series accionarias de mayor bursatilidad, para lo cual se utiliza el índice de bursatilidad que la BMV genera y publica en forma mensual. Las series seleccionadas se deberán haber mantenido dentro de este grupo los últimos 6 meses.
   Si existieran dos o más series que presenten el mismo nivel de índice de bursatilidad en el último lugar disponible de la muestra, la selección se hará tomando en cuenta la frecuencia en que incurren en este nivel dichas series y se considerará su valor de capitalización.
2. En caso de no contar con las 35 series accionarias en la primera selección, se llevará a cabo una segunda selección considerando el valor de capitalización y la frecuencia en que las series incurren en los mejores lugares del nivel de bursatilidad.
3. No serán consideradas para la muestra, aquellas series que se encuentren en las siguientes situaciones:
   - Series que por alguna causa se suspendan o exista la posibilidad concreta de ser suspendidas o retiradas del mercado.
   - Si existen dos o más series de una emisora, y el acumulado de éstas está entre 14 y 16 % del total del valor del IPC, sólo permanecerá(n) la(s) serie(s) más representativa(s).

[13] La información mostrada en esta sección, con respecto al IPC, se obtuvo de la página de Internet de la Bolsa Mexicana de Valores: **http://www.bmv.com.mx**

3. Revisión y permanencia de la muestra

1. La revisión de entrada y salida de series de la muestra del IPC será una vez al año, siempre y cuando no se presente alguna situación irregular, ya que de ser así se harían las modificaciones necesarias de acuerdo al evento que lo propicie.
2. Con el fin de asegurar la continuidad y buscar la mayor replicabilidad posible del IPC, se establecen restricciones Adicionales y Eventos Especiales.
    - Para aquellas series que tengan algún movimiento corporativo durante su permanencia en la muestra, se hará lo siguiente:
        - Al momento de realizarse dicho movimiento se buscará la mayor replicabilidad posible para afectar en forma mínima los productos financieros indexados, incluyendo canastas, actualizando movimientos de capital, etc.
        - Al finalizar la vigencia de la muestra se normaliza la aplicación de los criterios establecidos para la selección de series en su revisión y selección para el nuevo periodo.
    - Si por alguna razón una Emisora cancela su inscripción en Bolsa, será retirada de la muestra al momento de concretarse el retiro de circulación de las acciones representativas de la serie seleccionada en la muestra.

    El retiro se comunicará con la mayor antelación que permita el evento que lo genere.

III. METODOLOGÍA DE CÁLCULO[14]

Base: 0.78 = 30 de octubre de 1978.

Clase: Índice ponderado por Valor de Capitalización.

Muestra: Actualmente está integrada por 35 emisoras.

FORMULA.

$$I_t = I_{t-1}\left(\frac{\sum P_{it} * Q_{it}}{\sum P_{it-1} * Q_{it-1} * F_{it}}\right)$$

Donde:

I_t = Índice en tiempo t
P_{it} = Precio de la emisora i el día t
Q_{it} = Acciones de la emisora i el día t
F_i = Factor de ajuste por ex-derechos
i = 1, 2, 3, ..., n

AJUSTE POR EX – DERECHOS

Considerando la fórmula para el cálculo del IPC, donde el valor de capitalización de cada empresa determina su ponderación, cualquier cambio en el número de valores inscritos, modificará la estructura del Índice.

Por lo que se requiere ajustar el valor de las emisoras que decreten algún derecho aplicando un factor al valor de capitalización del día previo.

En el caso de dividendos en efectivo decretados **NO** se realizará ajuste alguno. Los derechos y eventos que si son considerados en las reglas de mantenimiento del IPC son los siguientes:

$$F_i = 1 + \frac{P_a\left[(Ap * F) - Aa\right]}{Pa * Aa}$$

[14] **http://www.bmv.com.mx**

Evento de acuerdo al Reglamento de BMV	Tipo de Movimiento	Factor de ajuste	Ajuste requerido
Pago de dividendo en acciones	Capitalización	$F = \frac{Aa}{Ap}$	Ninguno
Suscripción	Suscripción	$F = \frac{(Pa * Aa) + (Ps * As)}{Pa * Ap}$	Incremento de Capital
Canje de Títulos	Reestructuración Accionaría	$F = \frac{(Pa * Aa) + (Pa * Ar)}{Pa * Ap}$	Cambio de Capital
Split y Split Inverso	Split (reverse)	$F = \frac{Aa}{Ap}$	Ninguno
Reembolso	Reembolso	$F = 1 - \frac{Pa - Pp}{Pa}$	Decremento de Capital
Escisión	Escisión	$F = \frac{(Pp * Aa) - (Pp * Ae)}{Pa * Ap}$	Reducción de Capital
Fusión	Fusión	Dependiendo tipo de fusión	Incremento de Capital
No esta catalogado como derecho corporativo	Obligaciones Convertibles	$F = \frac{(Pa * Aa) + (Pa * Ac)}{Pa * Ap}$	Incremento de Capital

Donde:

F = Factor de ajuste por movimiento.

F_i = Factor de ajuste requerido en la emisora i.

A_a = Número de acciones anteriores al ajuste.

A_c = Número de acciones producto de la conversión.

A_e = Número de acciones por escindir.

A_p = Número de acciones posteriores al ajuste.

A_r = Número de acciones por reestructuración.

A_s = Número de acciones suscritas.

P_a = Precio anterior al ajuste

P_p = Precio posterior al ajuste.

P_s = Precio de suscripción.

i = 1.2.3....n

CAPÍTULO 4

TÉCNICAS DE VALUACIÓN DE OPCIONES

Para encontrar el precio de una opción se tienen diversos métodos, entre los más conocidos se encuentran: Modelo de Black y Scholes, modelo binomial y métodos de simulación como lo es Monte Carlo.

En general este tipo de modelos de valuación de opciones se basan en dos principios[1]:

- ***Valuación neutral al riesgo***[2], lo que implica:
  1. La rentabilidad esperada de todos los valores negociados es el tipo de interés libre de riesgo[3].
  2. Los flujos de caja futuros pueden valuarse descontando sus valores esperados al tipo de interés libre de riesgo.
- ***Ausencia de arbitraje***: Las primas estimadas impiden el arbitraje entre una compra (o venta) de contratos de opciones.

---

[1] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Págs. 77-78.

[2] El valor neutral al riesgo se refiere a cualquier activo financiero dependiente de otros activos financieros negociados que pueden valuarse sobre el supuesto de que los inversionistas son neutrales al riesgo. Lo que significa que las preferencias sobre el riesgo de los inversionistas no tienen efectos sobre el valor de la opción sobre subyacente cuando se expresa como función del precio de éste.

[3] Éste, es el costo de oportunidad de la inversión en una opción. A medida que sube la tasa de interés del subyacente, disminuye el valor presente del precio de ejercicio y viceversa. De esta manera cuando suben las tasas de interés las call aumentan su valor y las put lo disminuyen, y cuando los tipos de interés descienden las put se valorizan y las call se deprecian. También se relaciona con el tiempo restante para el vencimiento de la opción ya que para una tasa de interés dada el valor presente del precio de ejercicio de la opción de compra disminuye en tanto que t (tiempo transcurrido desde la fecha de emisión de la opción) se incrementa; si todo lo demás permanece igual, las variaciones en el plazo restante para el vencimiento afectan el valor de la call a través de su efecto en el valor presente.

A partir del trabajo de Black y Scholes (1973) se han generado diversos métodos para valuar opciones sobre subyacentes específicos (acciones, divisas, futuros, materias primas, etc.).

Entre los diferentes algoritmos que existen para valuación de opciones se hace una división de dos enfoques[4]:

- Modelos ***Analíticos***, se plantean en tiempo continuo y suelen ser expansiones del modelo de **Black y Scholes**. Estos modelos tienen que ser adecuados debido al cambio instantáneo en términos de volatilidad y con respecto a los parámetros que se requieran en cada caso, contrario al caso del árbol binomial ya que éste crea todas las ramas y arroja posibles resultados bajo diferentes condiciones.

- Modelos que utilizan ***algoritmos de cálculo numérico***. El modelo más conocido dentro de este enfoque es el de Cox-Ross-Rubinstein[5] (1979), denominado generalmente modelo o **método binomial**. Recientemente se utiliza el **método Monte Carlo**.

En esta sección se analizarán los modelos principales, de Black y Scholes, Binomial y Monte Carlo, con el propósito de observar su utilización y plantear sus ventajas y desventajas.

[4] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Págs. 78.
[5] Ver J.C.,Cox, S.A. y M. Rubinstein, "**Option Pricing: A Simplified Approach**.", *Journal of Finance Economics*, 7 (Octubre 1979), 229-263

4.1 MODELO DE BLACK Y SCHOLES

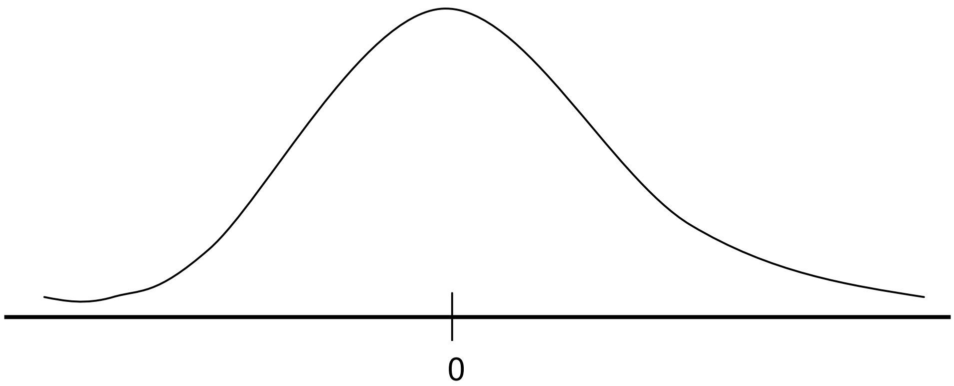
El modelo de Black y Scholes[6] es el método analítico mejor conocido para valuar opciones. Inicialmente se creó para valuar opciones europeas sobre acciones sin pago de dividendos y posterior a dicho estudio ha sido modificado para valuar opciones sobre otros subyacentes y con pago de dividendos.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO

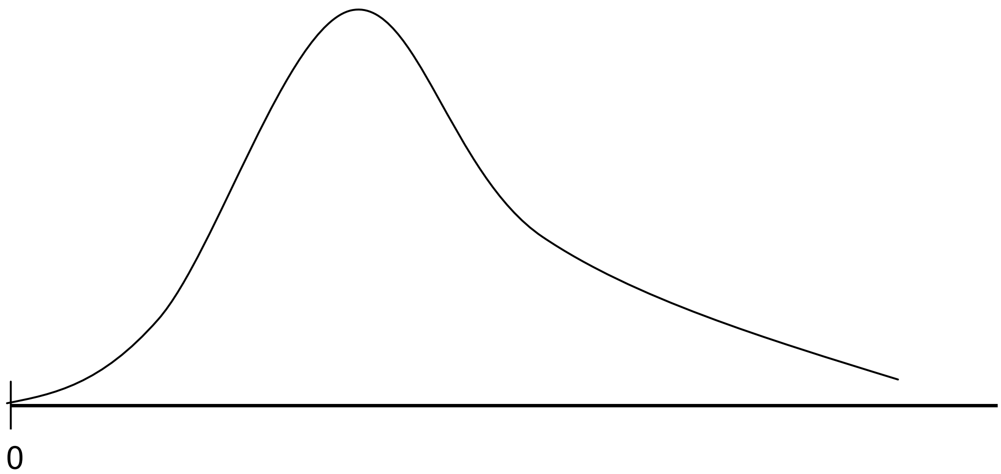
Este modelo sigue el supuesto de que el precio de las acciones sigue un recorrido aleatorio (random walk), lo que quiere decir que los cambios del precio de las acciones en un corto periodo se distribuyen normalmente. Esto implica que el precio de las acciones en cualquier momento en el futuro tiene una distribución log normal; así, tanto la tasa de interés como los precios del subyacente no deben ser menores de cero pero su valor máximo puede ser infinito.

La distribución log normal (Fig 14.b) toma sólo valores positivos, dando por resultado una gráfica asimétrica, con media, mediana y moda diferentes, mientras que la distribución normal (Fig 14.a) toma valores positivos y negativos dando por resultado una gráfica simétrica.

[6] Ver F.Black y M. Scholes, "**The pricing of options and corporate liabilities**", *Journal of Political Economy*, 81 (Mayo-Junio 1973), 637-659, y R.C. Merton, "**Theory of Rational Option Pricing**", *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (Primavera 1973), 141-183.



a. Distribución Normal



b. Distribución Log Normal

Figura 14

Debido a sus características, este tipo de comportamiento se asemeja al movimiento Browniano, usado en Física para describir el movimiento aleatorio de las partículas en transferencia de calor. Por lo tanto el método de Black y Scholes resulta ser una adaptación de la ecuación diferencial que describe dicha transferencia[7]. Lo anterior implica que los precios de las opciones decaen a un ritmo ($\sqrt{T}$) igual al ritmo de decaimiento del calor. Si se puede determinar la volatilidad del mercado y el tiempo remanente para la expiración

[7] Ortiz, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS,** Capitulo 13. "Valuación de las opciones", pp. 23

de la opción se puede estimar el valor por tiempo de una opción a lo que se le debe agregar su valor intrínseco para determinar su valor total.

Para poder llevar a cabo la implementación de este método deben de cumplirse las siguientes condiciones[8]:

1. El mercado debe ser completo[9].
2. El comportamiento del precio de las acciones corresponde al modelo log normal con μ y σ constantes.
3. No hay costos de transacción o impuestos. Todos los activos financieros son perfectamente divisibles.
4. No hay dividendos durante la vida de la opción.
5. No hay oportunidad de arbitraje libre de riesgo.
6. La negociación de valores es continua y existe plena capacidad para realizar compras y ventas en descubierto (a crédito) sin restricciones ni cosos especiales.
7. Los inversionistas pueden pedir o dejar prestado al mismo tipo de interés libre de riesgo.
8. El tipo de interés libre de riesgo a corto plazo, r, es constante.

4.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El modelo de Black y Scholes puede utilizarse para opciones europeas de compra o venta que no paguen dividendos (caso de las acciones).

Debe ser modificado para poderlo utilizar en el caso de opciones americanas, ya que originalmente no contempla el ejercicio anticipado.

Una de sus ventajas es el hecho de que puede reproducirse el precio, ya que es un método analítico.

Ésta, es una fórmula aparentemente complicada pero de uso sencillo para la práctica. La única variable que no es directamente observable es la volatilidad del subyacente, que puede ser estimada.

---

[8] HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, pp. 291 y 292. y LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Págs. 103 y 104.

[9] Es el mercado en el cual cada contingencia puede ser reproducida a través de una estrategia financiera para un derivado de tipo europeo usando las propiedades de Markov, Lema de Ito y diferentes argumentos para el caso de contratos de tipo americano y asiático.

4.1.3 METODOLOGÍA

MODELO DE TIEMPO CONTINUO

El precio del subyacente sigue un proceso continuo estocástico de evolución de Gauss-Wiener[10] de donde se tiene que S_t es el precio del subyacente en el tiempo t, obteniendo el siguiente modelo para S:

$$dS = \mu Sdt + \sigma Sdz$$

que representa la variación de S en el instante dt, μ representa la esperanza matemática del rendimiento instantáneo del subyacente, σ su desviación típica y z es el movimiento Browniano (o proceso de Wiener).

Si se tiene un instrumento derivado de S, su precio f obedece la ecuación:

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \right) dt + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma Sdz$$

según el lema de Ito[11].

Si se forma una cartera X de valores que contenga lo siguiente:

1	instrumento derivado de f
$-\frac{\partial f}{\partial S}$	activos financieros de f

El valor de la cartera es

$$X = f - \frac{\partial f}{\partial S} = S$$

[10] Proceso markoviano cuya principal característica es que el valor actual de la variable en el proceso es relevante para predecir su valor futuro.
[11] Este lema se aplica a funciones determinísticas. Cuando x es un número aleatorio, las reglas normalmente utilizadas para la resolución de este tipo de ecuaciones no es aplicable. Al utilizar el lema de Ito se especifica el procedimiento de aplicación a funciones que contienen variables aleatorias. Este lema proporciona un método para evaluar el total de derivadas de una función con variables estocásticas que muestran un proceso de difusión Markoviana. El lema de Ito es el siguiente: "Sea f[x , t] una función aleatoria continua que va de R^1x[0,T]→R_1 con derivadas parciales continuas, f_t,f_x y f_{xx}. Si x(t) es un proceso aleatorio con una ecuación diferencial estocástica obedeciendo a la forma de difusión: dx (t) = a (t) dt + v(t) dW t; donde W(t) es el proceso estándar de Wiener y a(t) y v(t) son el movimiento y la volatilidad de difusión, entonces la función y(t) = f [x(t) , t], además tiene una diferencia en [0 , T] dando por resultado: dy (t) = {f_t + f_x a(t) + ½ f_{xx} v(t)^2 } dt + f_x v(t) dW (t) ". Ver POITRAS, Geoffrey, **RISK MANAGEMENT, SPECULATION AND DERIVATIVE SECURITIES**, Academic Press an imprint of Elsevier Science, USA 2002, pp 434-444

Supongamos que un pequeño intervalo de tiempo Δt el precio de S se mueve por una pequeña cantidad ΔS.

La sensibilidad del valor de una cartera que contenga únicamente un activo S a movimientos en el precio S es 1: $\frac{\partial S}{\partial S} = 1$

Si en lugar de tener un activo S se tiene otra cantidad, por ejemplo $\frac{\partial f}{\partial S}$, la sensibilidad será 1 multiplicado por la cantidad, es decir $\frac{\partial f}{\partial S}$.

En el caso de la cartera X, donde además se tiene un instrumento f, la variación en el ΔX en el valor será:

$$\Delta X = \Delta f - \frac{\partial f}{\partial S} \Delta S$$

$$\Delta X = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \Delta z - \frac{\partial f}{\partial S} \left(\mu S \Delta t + \sigma S \Delta z \right)$$

Tanto los términos en Δz como los términos en $\mu\Delta t$ se cancelan mutuamente, porque nuestra posición corta ha neutralizado la variación en el valor de f al cambiar S de precio, con los que obtenemos:

$$\Delta X = \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t$$

Esta ecuación no contiene ningún termino en Δz, por lo que el valor de la cartera X es independiente, (durante un pequeño instante de tiempo Δt[12]) del riesgo de movimiento aleatorio en el valor de S. Durante este pequeño instante de tiempo Δt la cartera X no tiene el menor riesgo, por lo que su rendimiento ha de ser r, la tasa de interés libre de riesgo en el mercado: $\Delta X = r X \Delta t$.

Por lo tanto,

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \Delta t = r \left(f - \frac{\partial f}{\partial S} S \right) \Delta t$$

[12] La cartera sólo carece de riesgo durante un pequeño instante de tiempo Δt. Cuando pase el tiempo y cuado cambie el valor de S habrá que recalcular f y sus derivadas para obtener de nuevo una cartera en equilibrio sin riesgo.

Simplificando lo anterior se obtiene la fórmula de Black y Scholes:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS\frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} - rf = 0$$

La ecuación de Black y Scholes tiene muchas soluciones, correspondientes a los diferentes derivados que pueden ser definidos con S como la variable principal. En el caso de la call europea, el precio limite al vencimiento esta dado por: C = max.(S-E,0) donde t=T

En el caso de la put europea se tiene: P= max. (E-S,0) donde t=T

Considerando el caso de la call, para tomar el valor presente de la opción se tiene que tomar el valor esperado de la ecuación anterior y descontarlo a la tasa de interés r libre de riesgo del mercado:

C= e-rt **E** [max. (S-E,0)] ; donde **E** es el operador de valor esperado.

C= e-rt {max. (S-E,0)} …(1)

La distribución que suponemos para el precio del subyacente S, es la distribución log normal:

$$\ln S_t \approx \phi\left[\ln S + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t, \sigma\sqrt{t}\right] \text{…(2)}$$

con lo que se completa la fórmula para el valor esperado; la integral de la función de pagos (1) con la densidad de probabilidad (2):

$$C = e^{-rt}\int \max\,[S - E]\overline{\phi}(S_t)\,dS_t$$

$$C = e^{-rt}\int_E^{\infty}(S_t - E).\overline{\phi}(S_t)\,dS_t$$

la integral se simplifica si se hace la sustitución $S_t=e^u$, donde u=ln S_t, con lo que se puede utilizar la función explicita para la distribución $\phi(\ln S_t)$:

$$\phi(\ln S_t) = \phi(u)$$

$$\phi(\ln S_t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi t}}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{u - \mu t}{\sigma\sqrt{t}}\right)^2\right]$$

$$\left(\mu = r - \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

con lo que el valor de la opción se reduce a:

$$C = e^{-rt}\int_{\ln E}^{\infty}(e^u - E)\phi(u)\,du$$

la integral tiene dos términos:

$$C = e^{-rt}\int_{\ln E}^{\infty} e^{u}\phi(u)du - Ee^{-rt}\int_{\ln E}^{\infty}\phi(u)du$$

de los cuales el segundo resultado tiene por solución:

$$Ee^{-rt}\int_{\ln E}^{\infty}\phi(u)du = Ke^{-rt}N(d_2)$$

N es la distribución normal (acumulada, no la densidad de probabilidad). Para integrar el primer termino se tiene:

$$e^{-rt}\int_{\ln E}^{\infty} e^{u}\phi(u)du = \int_{\ln E}^{\infty}\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi t}}e^{u-rt}e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{u-\mu .t}{\sigma\sqrt{t}}\right)}du$$

Tomando los términos que caen dentro del exponente y completando el cuadrado:

$$\frac{-2\sigma^2 t(u-rt)+u^2+\mu^2 t^2-2ut\mu}{-2\sigma^2 t} = \frac{u^2-2ut(\mu+\sigma^2)+t^2(\mu^2+2r\sigma^2)}{-2\sigma^2 t}$$

$$= \frac{[u-(\mu+\sigma^2)t]^2-\sigma^2 t\left(\mu-r+\frac{\sigma^2}{2}\right)}{-2\sigma^2 t} = \frac{\left[u-\left(r+\frac{\sigma^2}{2}\right)t\right]^2}{-2\sigma^2 t}$$

usando $\mu = r-\frac{\sigma^2}{2}$ y combinando estos dos resultados se tiene el resultado siguiente:

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$

donde

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r+\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r-\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Para el caso de la put, dada la paridad call-put se tiene lo siguiente:

E = S + P – C

Siendo E, el precio de ejercicio de una opción de venta y de una opción de compra. Si $S \geq E$, el valor es igual E. Se dan acciones al comprador de una opción de compra E y la opción de venta vence sin valor. Si $S < E$, el valor es igual a E. Se da acción al vendedor de la opción de venta y la opción de compra vence sin valor.

No importa qué ocurra, el valor de la posición al vencimiento es el mismo, es decir, E. Debido a que se tiene una posición determinista ocurre lo siguiente:

$$(S+P-C)e^{rt}=E$$

por lo que

$$C-P=S-e^{rt}E$$

Tomando en cuenta la paridad call-put se tiene:

$$P = C - S + e^{-rt}E$$

Sustituyendo la fórmula de Black y Scholes del precio de una opción de compra europea sobre la anterior se tiene:

$$P=SN(d_1)-e^{-rt}EN(d_2)-S+e^{-rt}E$$

Sabiendo que $N(d_i) + N(-d_i)=1$ para $i=1,2$ se tiene que:

$$P=-SN(-d_1)+e^{-rt}EN(-d_2)$$

Que es el precio, calculado a partir de la fórmula de Black y Scholes, para una opción de venta.

Por lo tanto se tiene que las fórmulas para valuar opciones del tipo call y put, respectivamente son las siguientes:

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rT}N(d_2)$$
$$P = Ee^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1)$$
$$donde$$
$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r - \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

en donde se tiene que $N(d_1)$ y $N(d_2)$ corresponden al cálculo de la distribución normal acumulada de d_1 y d_2, la cual se encuentra disponible en tablas estadísticas o en la función normal de Excel; en caso de no contar con estas herramientas o programas, se puede generar una aproximación a partir del siguiente polinomio[13]:

$$N(x) = \begin{cases} 1 - N'(x)(a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3 + a_4 k^4 + a_5 k^5) & \text{cuando } x \geq 0 \\ 1 - N(-x) & \text{cuando } x < 0 \end{cases}$$

$$k = \frac{1}{1 + \gamma x}$$

$\gamma = 0.2316419$

$a_1 = 0.31938153$

$a_2 = -0.356563782$

$a_3 = 1.781477937$

$a_4 = -1.821255978$

$a_5 = 1.330274429$

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$N(d_1)$[14] corresponde a la cantidad de unidades del subyacente necesarias para la cartera de réplica de la opción, por lo que $SN(d_1)$ corresponde al costo del subyacente que se necesita para la cartera de réplica. $Ee^{-rT} N(d_2)$, es el importe necesario a financiar al tipo de interés libre de

[13] HULL, John, **OPTIONS, FUTURES AND OTHER DERIVATIVES**, 3ª. Edición, Ed. Prentice Hall, U.S.A. , 1997. pp 252 y 253.
Esta fuente marca que puede ser revisado el artículo original cuyos datos son: M Abramowitz y I. Stegun, *Handbook of Mathematical Functions*. New York: Dover Publications.
Esta referencia es comúnmente utilizada cuando se desarrolla algún programa para valuar opciones ya que es la manera más eficaz de introducir el cálculo.

[14] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Pág. 105.

riesgo para replicar la opción. La diferencia entre ambos términos es el costo de la cartera de réplica.

Por lo anterior se dice que la fórmula de Black y Scholes es una relación de arbitraje, ya que el lado izquierdo de la expresión es el valor de la opción y el lado derecho proporciona el precio de mercado de la cartera de réplica.

Cuando el precio del subyacente S, es muy grande es seguro que la opción de compra se ejercerá, de aquí que el precio de la opción de compra será:

$$S_t - Ee^{-rt},$$

ya que si S es muy grande, d_1 y d_2 también lo serán dando por resultado de $N(d_1)$ y $N(d_2)$ valores cercanos a uno.

Cuando el precio del subyacente es muy grande, el precio de una opción europea de venta (put), se acercará a cero. Debido a que $N(-d_1)$ y $N(-d_2)$ estarán cercanos a cero.

Cuado la volatilidad, σ, se acerca a cero; dado que las acciones estarán libres de riesgo, su precio crecerá al tipo r, a Se^{-rt} en el momento t y el resultado de una opción de compra estará dado por:

$$\text{máx}\ (Se^{-rt} - E, 0)$$

Descontado al tipo r, el valor de la opción de compra hoy será:

$$e^{-rT}\ \text{máx}\ (Se^{rT}-E, 0) = \text{máx}\ (S - Ee^{-rT}, 0)$$

MODELO DISCRETO

Suponiendo que S_t es el precio de la acción en el tiempo t. Fijando un periodo Δt , se establece.

$$S_1 = e^{\mu \Delta t} S_0$$
$$y$$
$$S_{k+1} = e^{\mu \Delta t} S_k$$

de esta manera $S_k = e^{\mu\Delta t} \ldots e^{\mu\Delta t} S_0$ donde el producto tiene k factores de la forma $e^{\mu\Delta t}$, la cual se simplifica para convertirse en

$$S_k = e^{\mu k \Delta t} S_0$$

Suponiendo que $T= k\Delta t$ y obsérvese que:

$$S_k = e^{\mu T} S_0 = S_t$$

La última ecuación marca que el efecto de k pasos pequeños de tiempo es igual que el del intervalo total $T=k\Delta t$

Hasta ahora sólo es una ecuación de interés compuesto en forma instantánea. También es solución de la ecuación diferencial:

$$\frac{dS}{dt} = \mu S$$
$$así$$
$$S_t = e^{\mu T} S_0$$

que es el modelo que se establece en la primera ecuación de esta sección si se establece σ=0. Éste es un modelo determinista. No obstante los precios de las acciones no son predecibles o deterministas por lo que se busca mejorar el modelo.

4.1.4 LIMITACIONES EN LA FÓRMULA DE BLACK Y SCHOLES[15]

Al calcular el valor de una opción por el método de Black y Scholes y compararlo con el precio de la opción, regularmente existen diferencias. Es raro que el valor de la opción sea exactamente igual al precio con el cual fue negociado en el intercambio.

Una razón posible para la diferencia entre valor y precio es que se ha cometido un error en el cálculo del valor. Quizá se haya tomado mal la fecha, se ha utilizado una volatilidad estimada para un activo diferente, o se consideró el precio de un activo que fue reportado de manera incorrecta. Podría tenerse el valor correcto y sin embargo el precio de la opción puede estar fuera del precio real, en este caso se pudieron haber utilizado entradas erróneas a la fórmula, incluso podría ser que la fórmula esté mal planteada o mal empleada.

Además de este tipo de errores, existen tres razones para que esta diferencia exista. La principal entrada que podría ser incorrecta es la volatilidad. El precio del activo puede ser observado en diferentes tiempos del precio de la opción o la tasa de interés que se está utilizando puede ser posfechada. Estos errores pueden ser detectados y corregidos si son lo suficientemente grandes para hacer la corrección y resulte significativa.

4.1.5 EJEMPLOS CON DATOS REALES

En esta sección se mostrarán diferentes ejemplos con datos reales obtenidos del MexDer sobre el IPC, con el objetivo de analizar estos mismos datos en la sección siguiente.

1. Se quiere conocer el valor de una opción call de tipo europea sobre IPC con fecha de ejercicio 17 de marzo de 2006, emitido el 30 de noviembre de 2005 con Valor del Subyacente de 16 830.96 puntos IPC

($168 309. 6), precio de ejercicio de 16 500 puntos IPC ($165 000), con r = 8.82% (tasa de descuento continua r = ln(1.0882) = 0.08452, σ = 1.1274% diaria (anualizada igual a 17.83%).

Datos[16]:

S = 168309.6
E= 165000
σ **=** 0.1783
r= 0.08452
T= 0.29315

Planteamiento:

$$C = 168309.6 N(d_1) - 165000\, e^{-(0.08452 * .29315)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{168309.6}{165000}\right) + \left(0.08452 + \frac{0.1783^2}{2}\right) * 0.29315}{0.1783\sqrt{0.29315}} = 0.5106$$

$$d_2 = 0.5106 - 0.1783\sqrt{0.29315} = 0.4141$$

Dados los cálculos anteriores se tiene:

d_1 = 0.5106455
d_2 = 0.4141078
N(d_1)= 0.6952003
N(d_2)= 0.6606024

Obteniendo por resultado:

$$C = 168309.6 * 0.6952003 - 165000\, e^{-(0.08452 * .29315)} * 0.660624$$

$$C = 117008.893 - 106331.9$$

$$C = \$10677.005$$

---

[15] Esta sección fue extraída de la información encontrada en: LEVY, Haim, **INTRODUCTION TO INVESTMENTS**, University of Jerusalem , South Western College Publishing, An International Thompson Publishing Company, USA 1996, pp. 863.

[16] El valor del tiempo está en un plazo de años y se obtuvo de la división de los días entre la fecha de emisión y la fecha de ejercicio y el total de días del año (365).

Dado lo anterior se tiene que el valor intrínseco es de $VI_C = S - E =$ \$168 309 - \$165 000 = \$3 309.6 y su valor en el tiempo será de $VT_C = C - VI_C =$ \$10 677.005 - \$3 309.6 = \$7 367.405.

Para que el comprador de la opción de compra esté en equilibrio el precio del subyacente tendrá que subir en \$7 367.405

2. Se quiere conocer el valor de una opción put de tipo europea sobre IPC con fecha de ejercicio 17 de marzo de 2006, emitido el 29 de septiembre de 2005 con Valor del Subyacente de 15 841.84 puntos IPC (\$ 158 418.4), precio de ejercicio de 15 500 puntos IPC (\$ 155 000), con r = 9.06% (tasa de descuento continua r = ln(1.0906) = 0.08672, σ = 1.1274% diaria (anualizada igual a 17.83%).

Datos:

S= 158418.4
E= 155000
σ **=** 0.1783
r= 0.08672
T= 0.46301

Planteamiento:

$$P = 155000\ e^{-(0.1783*0.46301)} N(-d_2) - 158418.4 N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{158418.4}{155000}) + (0.08672 + \frac{0.1783^2}{2}) * 0.46301}{0.1783\sqrt{0.46301}} = 0.571417$$

$$d_2 = 0.571417 - 0.1783\sqrt{0.46301} = 0.450093$$

Dados los cálculos anteriores se tiene:

d_1 = 0.5714173
d_2 = 0.4500928
N(-d_1)= 0.2838584
N(-d_2)= 0.3263218

Obteniendo los resultados:

$$P = 155000\ e^{-(0.1783*0.46301)} * 0.3263218 - 158418.4 * 0.2838584$$
$$P = 48589.2 - 44968.39$$
$$P = \$3620.808$$

El valor intrínseco es de $VI_P = E - S$ = \$155 000 - \$158 418.4 = \$3 418.4 y su valor en el tiempo será de $VT_P = P - VI_P$ = \$3 620.808 - \$3 418.4 = \$202.408.

Para que el comprador de la opción de venta esté en equilibrio el precio del subyacente tendrá que bajar en $VI_P + P$ = \$3 418.4 + \$3 620.808 = \$ 7 039.208

3. Se quiere conocer el valor de una opción call de tipo europea sobre IPC con fecha de ejercicio 17 de marzo de 2006, emitido el 25 octubre de 2005 con Valor del Subyacente de 15 367.87 puntos IPC (\$153 678.7), precio de ejercicio de 15 000 puntos IPC (\$150 000), con r = 8.88% (tasa de descuento continua r = ln(1.0888) = 0.08508, σ = 1.1274% diaria (17.83% anualizada).

Datos:

S=	153678.7
E=	150000
σ **=**	0.1783
r=	0.08508
T=	0.39178

Planteamiento:

$$C = 153678.7\,N(d_1) - 150000\ e^{-(0.08508*0.39178)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{153678.7}{150000}\right) + \left(0.08508 + \frac{0.1783^2}{2}\right) * 0.39178}{0.1783\sqrt{0.39178}} = 0.571575$$

$$d_2 = 0.571575 - 0.1783\sqrt{0.39178} = 0.459972$$

Dados los cálculos anteriores se tiene:

d_1 = 0.5715746
d_2 = 0.4599724
$N(d_1)$= 0.7161949
$N(d_2)$= 0.677232

Obteniendo los resultados:

$$C = 153678.7 * 0.7161949 - 150000\ e^{-(0.08508 * 0.39178)} * 0.677232$$
$$C = 110063.91 - 98254.51$$
$$C = \$11809.399$$

Dado lo anterior se tiene que el valor intrínseco es de VI_C = S – E = \$153 678.7 – \$150 000 = \$3 678.7 y su valor en el tiempo será de VT_C = C - VI_C = \$11 809.399 - \$3 678.7= \$8 130.699.

Para que el comprador de la opción de compra esté en equilibrio el precio del subyacente tendrá que subir en \$8 130.699

4. Se quiere conocer el valor de una opción put de tipo europea sobre IPC con fecha de ejercicio 17 de marzo de 2006, emitido el 7 diciembre de 2005 con Valor del Subyacente de 17 244.19 puntos IPC (\$ 172 441.9), precio de ejercicio de 17 000 puntos IPC (\$170 000), con r = 8.42% (tasa de descuento continua r = ln(1.0842) = 0.08084, con σ = 1.1274% diaria (17.83% anualizada).

Datos:

S= 172441.9
E= 170000
σ = 0.1783
r= 0.08084
T= 0.27397

Planteamiento:

$$P = 170000\ e^{-(0.08084 * 0.27397)} N(-d_2) - 172441.9 N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{172441.9}{170000}\right) + \left(0.08084 + \frac{0.1783^2}{2}\right) * 0.27397}{0.1783\sqrt{0.27397}} = 0.436798$$

$$d_2 = 0.436798 - 0.1783\sqrt{0.27397} = 0.343471$$

Dados los cálculos anteriores se tiene:

d1 =	0.4367977
d2 =	0.3434712
N(-d1)=	0.3311291
N(-d2)=	0.3656221

Obteniendo los resultados:

$$P = 170000\ e^{-(0.08084 * 0.27397)} * 0.3656221 - 172441.9 * 0.3311291$$

$$P = 60794.26 - 57100.53$$

$$P = \$3693.736$$

El valor intrínseco es de VI_P = E – S = \$170 000 – 172 441.9 = \$2 441.9 y su valor en el tiempo será de VT_P = P - VI_P = \$3 693.736 - \$2 441.9 = \$1 251.836. Para que el comprador de la opción de venta esté en equilibrio el precio del subyacente tendrá que bajar en VI_P + P = \$2 441.9 + \$3 693.736 = \$ 6 135.636

4.2 MÉTODO BIOMIAL

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO

Este método emplea un lattice binomial (conocido también como árbol), el cual representa diferentes trayectorias posibles que pueden ser seguidas por el precio del subyacente durante la vida de la opción.

Al desarrollarlo se supone lo siguiente[17]:

- La eficiencia y profundidad de los mercados.
- La ausencia de costos de transacción.
- Es posible comprar y vender en descubierto[18], sin limite.
- Los activos son divisibles.
- Se puede prestar y tomar prestado al mismo tipo de interés.
- Todas las transacciones se pueden realizar de forma simultánea.
- El precio del subyacente evoluciona según el proceso binomial multiplicativo.

4.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Este método resulta de gran ayuda si se está evaluando una opción americana ya que pueden visualizarse los precios durante la vida de la opción, de manera tal que podría identificarse el momento óptimo para ejercerla.

Por otra parte debido a la cantidad de cálculos que deben de hacerse lo óptimo seria crear o identificar algún programa que ayude a desarrollar el árbol, el problema podría ser el tiempo que se invierte en la valuación o en crear el programa que lo resuelva así como en el caso de adquirir un programa el precio del paquete, es decir la inversión que se llevará a cabo.

[17] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Págs. 79.

[18] En el siguiente capítulo se explicará lo que son posiciones cubiertas y descubiertas, Capítulo 5 pp. 94.

4.2.3 METODOLOGÍA

Considerando una opción que no paga dividendos. Se divide el tiempo de maduración de la opción en pequeños intervalos de duración Δt. En cada intervalo de tiempo el precio de las acciones se mueve desde un valor inicial, S, hasta uno de los dos nuevos valores Su o Sd, u>1 y d<1.

Los valores de *u* y *d* dependerán de la volatilidad del precio del subyacente, σ.

Para obtener los valores que serán empleados al desarrollar el modelo binomial se utilizarán las siguientes fórmulas, definiendo a Δt como la duración del periodo.

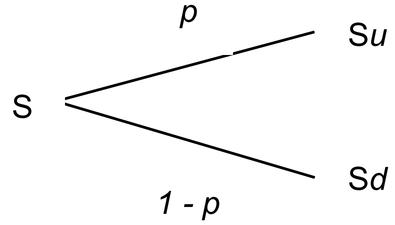
$$a = e^{r\Delta t}$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$$

$$p = \frac{a-d}{u-d}$$

Tomando en cuenta que el precio del subyacente evoluciona según el proceso, lo que se tiene es lo siguiente; si S es el precio del subyacente en el presente, en el periodo de evolución será:



Donde:

u → representa el movimiento multiplicativo al azar del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad de un movimiento a la alza *p*.

d → representa el movimiento multiplicativo a la baja del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad de un movimiento a la baja *(1 – p)*.

Lo anterior es un modelo binomial de dos pasos, en general cuando se utiliza el modelo binomial para valuación de opciones, éste se divide en 30 o más periodos. En cada periodo hay un movimiento binomial del precio del subyacente. Con 30 periodos se estarán considerando 31 precios finales del subyacente y 2^{30} trayectorias para llegar a dichos precios. Lo anterior se debe a que, como se muestra en la Fig. 15, un movimiento a la alza seguido de un movimiento a la baja produce el mismo precio del subyacente que un movimiento a la baja seguido de un movimiento al alza, lo cual reduce el número de nodos del árbol.

Para resolver el árbol se utiliza el siguiente procedimiento:

- En el momento cero, el precio del subyacente, S, se conoce.
- En el momento Δt, hay dos precios de acciones posibles, S*u* y S*d*.
- En el momento 2Δt, hay tres precios de acciones posibles: Su^2, S y Sd^2 y así sucesivamente.
- En general en el momento iΔt se consideran i+1 precios del subyacente los cuales son: $Su^j d^{i-j}$, con j = 0,1,…,i

Lo anterior se muestra en la siguiente imagen (Figura 15).

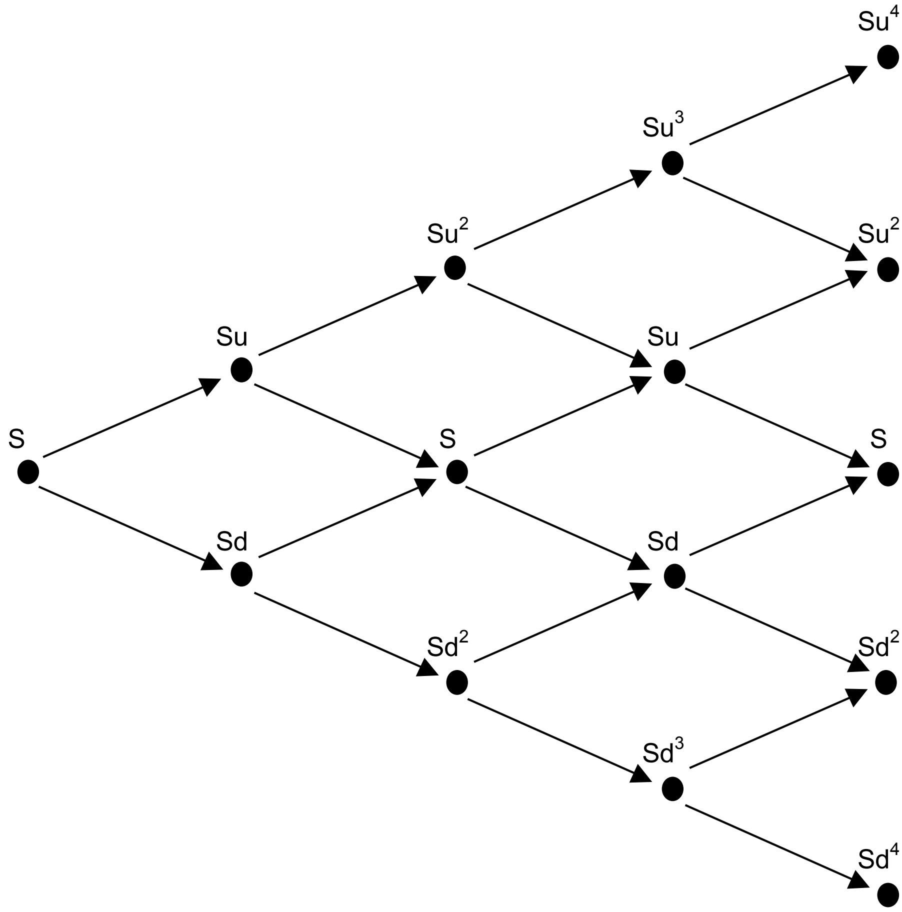


Figura 15
Secuencia del árbol que habrá de seguirse para la valuación de una opción

Resolución del árbol hacia atrás[19]

En este caso las opciones son valuadas empezando por el final del árbol (tiempo T) y es trabajado hacia atrás. El valor de la opción se conoce en el tiempo T. Suponiendo un mundo neutral al riesgo[20], el valor de cada nodo en el momento T- Δt puede calcularse como el valor esperado en el momento T descontando al tipo r por un periodo Δt. Al igual que para cada nodo en el tiempo T - 2Δt puede calcularse como el valor esperado en el momento T - ΔT

[19] HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, pp. 390.

[20] En un mundo neutral al riesgo, los inversionistas no necesitan compensación por el riesgo y la rentabilidad esperada sobre todos los valores es el tipo de interés libre de riesgo. Un principio general en la valuación de opciones es la *valuación neutral al riesgo*, la cual establece que para valuar opciones se puede, sin pérdida de exactitud, suponer que el mundo es neutral al riesgo.

descontando por un periodo el tipo r, y así sucesivamente. En el caso de una opción americana es necesario revisar cada nodo para determinar si es preferible ejercer antes del vencimiento, esto se hace calculando el valor esperado del precio de la opción y revisando el precio obtenido en el árbol. Si el precio obtenido se encuentra por debajo del esperado, entonces se ejerce la opción. Al final, cuando se ha terminado de calcular el diagrama de árbol, el valor obtenido es el de la opción en el tiempo cero, es decir el valor S.

4.3 MÉTODO DE SIMULACIÓN

La idea fundamental de la simulación es construir un recurso experimental que "se comporte como" el sistema bajo estudio en aspectos importantes. Construyendo un ambiente en el que sea posible obtener información sobre acciones alternativas mediante experimentación.

Los modelos de simulación se emplean para el análisis de decisiones bajo incertidumbre ya que por el comportamiento de una o más variables relevantes se representa mediante una distribución de probabilidad.

4.3.1 MÉTODO MONTE CARLO

Es la simulación de un proceso estocástico donde a través de un procedimiento se obtienen resultados aleatorios.

Este método puede ser utilizado junto con los árboles binomiales ya que supone la elección de caminos aleatorios a lo largo de un árbol, en vez de trabajar hacia atrás desde el final hasta el principio de éste, se trabaja hacia adelante y a lo largo del árbol.

El procedimiento en este caso es el siguiente: en el primer nodo se toma un número al azar entre 0 y 1, si el número está entre 0 y p, se toma la rama superior; si está entre p y 1 se toma la rama inferior. Se repite el procedimiento en el nodo que se ha alcanzado y todos los nodos subsecuentes que se alcancen hasta llegar al final del árbol. Entonces se calcula el beneficio bruto de la opción para el camino elegido, lo cual completa el primer proceso. Se llevan a cabo varios procesos similares, repitiendo el proceso entero. La estimación del valor de la opción será la media aritmética de los resultados de todos los procesos, descontados al tipo de interés libre de riesgo.

4.3.1.1 CARACTERÍSTICAS Y NATURALEZA DEL MÉTODO

El Método Mote Carlo[21] es una técnica mediante la cual se generan números aleatorios para seleccionar eventos a partir de una distribución de probabilidad.

Este tipo de simulación emplea las distribuciones de probabilidad para determinar si ocurrirán o no determinados eventos aleatorios. La distribución de probabilidad por muestreo puede basarse en datos empíricos que se obtienen de registros anteriores, ya sea el resultado de un experimento reciente o una distribución teórica conocida. Los números aleatorios se usan para producir una secuencia aleatoria de valores que reproducirá lo esperado, lo cual puede generarse mediante una distribución de probabilidad.

Las características del método son:

1. Toma los parámetros y las decisiones como entrada y produce medidas de eficiencia como salida.
2. Cada corrida de simulación va a producir por lo general valores diferentes en las medidas de eficiencia.
3. Los indicadores de variabilidad son muy importantes, ya que por lo general los tomadores de decisiones buscan políticas en las que los resultados potenciales sean altamente predecibles, lo que implica baja variabilidad.

[21] Existen diversos artículos que analizan y aplican este método a los contratos de opción, si se desea conocer más sobre este método y sus aplicaciones se recomiendan los siguientes:
M. BROADI, P GLASSERMAN Y G. JAIN, "**ENHANCED MONTE CARLO ESTIMATES FOR AMERICAN OPTIONS PRICES**.", Journal of Derivations, 5.1 (otoño 1997) 25-44. LAPEYRE,B.,TEMAM,E., **COMPETITIVE MONTE CARLO METHOD FOR THE PRICING OF ASIAN OPTIONS,** Agosto 24, 2000. http://citeseer.ist.psu.edu/lapeyre00competitive.htlm y McLEISH, **MONTE CARLO METHODS IN FINANCE**, Agosto 2000. http://www.stts.uwaterloo.ca/Stats_Dept/homepages/DLM/DLM.htlm

4. A medida que se incrementa el número de corridas, se mejora en promedio la exactitud de la estimación del valor esperado de las variables o variables relevantes.
5. Nunca se puede asegurar que se ha obtenido una decisión optima; sólo se podrá identificar la mejor, existente entre las evaluadas.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO[22]

1. Determine variables o componentes del sistema que sean significativas.
2. Determine una medida de eficiencia para el sistema bajo estudio, que incorpore las variables significativas
3. Dibuje la distribución de probabilidad acumulada de cada una de estas variables.
4. Establezca rangos de números aleatorios que se encuentren en correspondencia directa con la distribución de probabilidad acumulada para cada variable.
5. Basándose en un análisis de datos, establezca soluciones posibles para el problema.
6. Genere un conjunto de números aleatorios (utilizando tablas, calculadora o computadora)
7. Utilizando cada número aleatorio y la correspondiente distribución de probabilidad acumulada de cada variable. Determine los valores esperados de cada variable.
8. Sustituya el resultado del paso 7 en el paso 2 y calcule el valor de la medida de eficiencia.
9. Efectué varias veces el ciclo de los pasos 6 al 8, para cada solución posible, como se marcó en el paso 5.
10. Con base en los resultados del paso 9, tome la que considere la mejor decisión.

---

[22] SCHEID, Francis; DI CONSTANZO, Rosa, **METODOS NUMERICOS**, 2ª. Edición, Ed. Mc Graw Hill, Serie Schaum, México, 1993. pp 671-681

Observaciones:

a) Se está efectuando un muestreo de intentos, empleando un modelo.
b) El valor promedio de la medida de eficiencia puede determinarse a partir de los resultados muestreados para cada solución estipulada en el paso 5.
c) Debido a que esos promedios son promedios de muestras, será necesario determinar los métodos estadísticos, los intervalos de confianza para promedios verdaderos en la medida de eficiencia, así como los tamaños de las muestras.

4.3.1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Este tipo de método es fundamental para el concepto de los sistemas de simulación que contienen elementos estocásticos o probabilísticos.

Puede usarse para valuar opciones europeas y opciones exóticas como son las de tipo asiático[23] y las de retrospectiva (lookback)[24].

Esta técnica es particularmente útil para opciones europeas que proporcionan resultados no estándar.

El método tiene problema para valuar opciones americanas ya que por construcción del modelo, para implementar Monte Carlo y la valuación financiera, es necesario conocer la fecha precisa en la que la opción se va a ejercer (si es que no llega a vencer); de lo contrario no se sabría concretamente hasta que valor de la sucesión S_{t0}, S_{t1},…, S_{tn-1}, S_{tn} hay que detenerse para calcular el correspondiente valor de la opción. De esta manera el valor de una opción americana esta dado por: $\Pi = E\ e^{-rt^*}\ \Delta t$; donde t* es una variable aleatoria que representa el tiempo en la que la opción se ejerce y Δt representa el intervalo de tiempo entre periodos.[25]

---

[23] Son opciones que proporcionan un resultado basado sobre la media del precio de activo durante la vida de la opción.
[24] Son opciones que proporcionan un resultado basado en el precio máximo o mínimo alcanzado por el subyacente durante la vida de la opción.
[25] FERNÁNDEZ, Mauricio, **“VALUACIÓN Y COBERTURA DELTA, EMPLEANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO PARA EL CASO DE OPCIONES DE VENTA DE DÓLARES**

Uno de los problemas principales en la simulación es el elevado costo computacional, es decir, el tiempo que emplea el sistema de computo para ejecutar la simulación.

4.3.1.3 METODOLOGÍA

Este método de simulación numérico suele utilizarse cuando para la valuación de opciones, se requiere conocer varios precios, como es el caso del modelo binomial, contrario a lo obtenido con las fórmulas de Black y Scholes, que sólo arrojan un resultado.

Para el caso de valuación de opciones el método se adapta de la siguiente manera:

Considerando[26] un mercado dependiente en un mercado individual variable S que tiene una liquidación en el tiempo T. Suponiendo que las tasas de interés son constantes, se puede evaluar el derivado de la siguiente manera:

1. Genere una muestra del camino aleatorio para S en un mundo neutral al riesgo.
2. Calcule la liquidación del derivado
3. Repita los pasos uno y dos para generar más valores de muestra de la liquidación para el derivado en un mundo neutral al riesgo.
4. Calcule el promedio del precio (liquidación) de la muestra para dar una estimación del pago en un mundo neutral al riesgo.
5. Descontando el precio de liquidación esperado de la tasa libre de riesgo dar una estimación del valor del derivado.

La valuación de opciones se realiza en un mundo neutral al riesgo, esto significa que se descuenta el valor de la opción a la tasa libre de riesgo[27]. El modelo se genera a partir de que el logaritmo natural del subyacente sigue un proceso geométrico browniano de forma tal que se tiene:

DEL BANCO DE MÉXICO", Gaceta Económica (Noviembre de 1998), Año 6, Num. 11, 200-235

[26] HULL, John, **OPTIONS, FUTURES AND OTHER DERIVATIVES**, 3ª. Edición, Ed. Prentice Hall, U.S.A. , 1997. pp 407

[27] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Págs. 117-120

$$S + dS = S * \exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)dt + \sigma dz\right]$$

donde S es el nivel del subyacente, μ es la tasa de retorno esperado del subyacente, σ es la volatilidad del subyacente y dZ un proceso de Wiener con desviación típica 1 y media 0.

Para simular el proceso se debe transformar la ecuación anterior en tiempo discreto lo que implica dividir el tiempo en intervalos Δt, de manera que se obtiene lo siguiente:

$$S + \Delta S = S * \exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\varepsilon_t\sqrt{\Delta t}\right]$$

donde ΔS es la variación en el tiempo discreto para S en el intervalo de tiempo elegido Δt, μ es la tasa de retorno esperada del activo en un mundo libre de riesgo, σ es la volatilidad del subyacente y ε_t es un número aleatorio que se distribuye de forma normal estándar N(0,1). Realizando miles de simulaciones se obtendrán un conjunto de valores para S_t distribuidos de manera uniforme (0,1).

La segunda ecuación para un salto temporal Δt y por un activo que no pague dividendos tiene la siguiente forma:

$$S_{t+1} = S_t \exp\left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\,\varepsilon_t\right]$$

donde S_t es el precio del subyacente, r es el tipo de interés libre de riesgo, σ es la volatilidad del subyacente, ε es un número procedente de una distribución N(0,1)[28] y Δt es el vencimiento de la opción en años dividido por el número de periodos.

En caso de que la opción pague dividendos la ecuación anterior se modifica de la siguiente manera:

[28] Distribución normal con parámetros 0,1; es decir, media cero y desviación estándar 1.

$$S_{t+1} = S_t \exp\left[\left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t}\,\varepsilon_t\right]$$

donde q son los dividendos del subyacente.

Por ejemplo, si la opción tiene un vencimiento de un año y el número de periodos elegidos es de 4, Δt será igual a:

$$\Delta t = \frac{Vencimiento\_años}{\#\,Periodos} = \frac{1}{4} = 0.25$$

En este caso cada Δt corresponderá a un trimestre. A medida que Δt es más pequeño, más precisa es la simulación.

El número[29] de simulaciones dependerá del nivel de exactitud que se quiera obtener con el modelo. Normalmente a partir de 10 000 simulaciones los resultados son fiables.

[29] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Pág. 119

CAPÍTULO 5
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE OPCIONES

El precio de una opción suele variar debido a diversos cambios ocurridos a través del tiempo sobre el precio del subyacente y las condiciones del mercado que le afectan directamente. El subyacente se cubre comprando o vendiendo el número adecuado de opciones y de acuerdo a su sensibilidad. De aquí que se presente la necesidad de medir a través de coeficientes o parámetros, los efectos que tienen sobre la opción los cambios (sensibilidad) de cada factor específico sobre el precio de la prima.

Los parámetros empleados para dicho análisis son llamados “Letras Griegas” o simplemente “Griegas”, entre las más comunes y que se analizarán en este capítulo se encuentran: Delta, gamma, theta, vega y rho. Cada una de ellas mide un elemento diferente que afecta el precio de la opción y se calculan por las fórmulas de Black y Scholes o de Cox y Rubinstein.

5.1 ALCANCE DE LA COBERTURA DE OPCIONES

La cobertura con opciones implica asegurar el precio de un subyacente al precio de ejercicio E, contratado.

Con una opción call se asegura la compra del subyacente, S, al precio de ejercicio; aun en el caso de que en el mercado el precio de S haya sobrepasado dicho precio. De igual manera con una opción put se asegura la venta de un subyacente al precio de contrato E, aun si el precio del subyacente haya disminuido su valor más allá del precio del contrato. Este tipo de cobertura es más útil en el caso de operaciones internacionales de importadores y exportadores. Por ejemplo, un importador puede comprar una call de una divisa extranjera y posteriormente ejercer la call si el precio de la divisa es mayor que E. Sin embargo, si el precio del subyacente es menor a E, para hacer los pagos correspondientes a sus importaciones, el importador no ejercerá la opción y compraría el subyacente en el mercado spot. De manera similar, un exportador, que considere que el precio de su producto va a descender en el mercado, puede comprar opciones put. Esto, le garantiza vender su producto, petróleo por ejemplo, al precio de ejercicio E; aun si el precio del subyacente es menor que el de mercado. Para el caso contrario, si el precio del subyacente es mayor que E en el mercado, el exportador no ejercería y simplemente vendería el petróleo a los precios del mercado spot. Es esta flexibilidad para amarrar un precio de ejercicio y contar con la alternativa de no ejercer, lo que hace a las opciones más flexibles que los contratos de futuros donde el cumplimiento del contrato es obligatorio.

5.2 POSICIONES CUBIERTA (POSICIÓN LARGA) Y DESCUBIERTA (POSICIÓN CORTA)

Además de la cobertura para la compra o venta de un subyacente a un precio E, las opciones sirven para proteger el valor de la cartera de los subyacentes de los inversionistas, o para proteger las operaciones de compra o venta de los inversionistas en opciones.

Por ejemplo, el valor de una cartera de acciones puede ser protegido con la compra o venta de opciones según sea el caso.

Ejemplo:

Un inversionista tiene 10 contratos IPC, el índice en este momento tiene un valor de 16 830.96 (siendo que cada punto de IPC tiene un valor de $10 en total se tiene un monto de $1 683 096). Se prevé que dentro de 3 meses el índice puede tener dos comportamientos: subir a 16 900 o bajar a 16 500, en el primer caso el inversionista resulta beneficiado por el movimiento del mercado obteniendo ganancias de $6 904, no así en el segundo caso donde podría perder $33 096, por lo que el inversionista ha pensado cubrirse ante esta posibilidad.

El inversionista ha comprado 10 call con un precio de ejercicio de 17 000 sobre IPC, cada uno. Si el precio de cada call es de $400, en tres meses estará asegurando que su ganancia sea de $1 700 000 - $40 000 =$ 1 660 000

De igual manera, ciertos inversionistas compran o venden opciones esperando obtener utilidades por la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio de compra, realizando sus operaciones de acuerdo a sus expectativas. Por ejemplo, un vendedor de opciones call, podría realizar la venta de calls debido a que estima que posteriormente el precio del subyacente será menor que el precio de ejercicio, E<S. En este caso la contraparte no ejercería y el vendedor de las call se beneficiaría recibiendo la prima respectiva. De lo contrario, en caso de ocurrir S<E, el comprador de la call ejercerá y el comprador de la call tendrá que cumplir vendiendo el subyacente a E.

Si el vendedor no cuenta con el subyacente en sus tendencias y tiene que cumplir con el contrato comprando el subyacente en el mercado, su posición habrá sido abierta (sin respaldo), al inicio de las operaciones de compra y venta de la call. Por el contrario, si el vendedor de la call cuenta con el subyacente al inicio del contrato, su posición está cubierta.

Con el fin de matizar el posible riesgo en el primer caso (S>E), el vendedor puede cubrirse con la compra de una call a un precio E, de los varios disponibles en el mercado. El precio de ejercicio de su call sería menor al precio de ejercicio de su opción de venta.

Tanto compradores, como vendedores de put o call no necesariamente tienen que cubrir cada subyacente con una call o una put de respaldo. La cobertura no tiene que ser uno a uno.

La cobertura en sí, se define de acuerdo a ciertas estrategias; los métodos de cobertura se determinan por la sensibilidad de las opciones en los mercados, ésto es, a sus medidas de riesgo, “las griegas”. Estas funciones son utilizadas tanto por quienes tratan de proteger el valor de sus portafolios, coberturistas (hedges), como por quienes tratan de amarrar un precio de compra o venta de un subyacente, o para los inversionistas que traten de obtener ganancias simplemente negociando con opciones.

5.3 ESTRATEGIAS DE COBERTURA

Con el fin de reducir pérdidas, los emisores de la opción tienen diferentes alternativas.

Una de las estrategias de cobertura consiste en comprar el subyacente tan pronto como el precio suba por encima del precio de ejercicio y venderlas tan pronto como su precio caiga por debajo del precio de ejercicio[1]. El objetivo es el de mantener una posición descubierta cuando el precio del subyacente es menor que el de ejercicio y una posición cubierta cuando el precio del subyacente es mayor que el precio de ejercicio. Lo anterior con el objetivo de que se tenga el subyacente en el momento de ejercicio de la opción si la opción se cierra en dinero (In the money) y que no se tenga el subyacente en caso de que la opción cierre fuera de dinero (Out the money).

El costo de establecer la cobertura inicialmente es S si S > E y cero si S < E. Teniendo por resultado la ecuación: Q = máx (S - E ,0). De ser cierto lo anterior, funcionaría de manera ideal en caso de ausencia de costos de transacción. Además, el costo de cobertura de la opción siempre sería menor que el precio Black y Scholes. De esta manera podrían obtenerse beneficios libres de riesgo emitiendo opciones y cubriéndolas.

Ejemplo:

Si el vendedor de una call ofrece vender a un precio de ejercicio E=$80 y al mismo tiempo compra una call a E=$60. Llegada la fecha de vencimiento si el contrato de venta de la call es ejercido debido a que el precio del subyacente en el mercado se encuentra por encima del de ejercicio; el vendedor de dicho call cumplirá con su contrato y se verá beneficiado por la diferencia de $20 que existe entre un contrato y otro gracias a que se cubrió ante tal evento.

En caso de que el precio del subyacente no alcance nunca el precio de ejercicio no cuesta nada, pero si la trayectoria del precio del subyacente es tal que su precio es igual a E, en muchas ocasiones la cobertura resultará altamente costosa.

Las razones principales por las cuales la ecuación de costo puede resultar incorrecta son: 1. Los flujos de caja para el coberturista ocurren en diferentes

---

[1] HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, Págs. 352-355.

momentos y deben ser descontados; 2. Las compras y las ventas no pueden hacerse exactamente al mismo precio E.

Dado lo anterior los operadores de opciones utilizan estrategias de cobertura más elaboradas y precisas.

Se busca que la cartera sea inmune a pequeños cambios en el precio del subyacente en pequeños intervalos de tiempo (cobertura delta). Entonces se fijan la tasa de variación del valor de la cartera con respecto a los cambios del subyacente y con respecto a la volatilidad del activo (gama y vega respectivamente). Así también puede fijarse la tasa de variación de la cartera de opciones con respecto al paso del tiempo y su tasa de variación con respecto al interés libre de riesgo (theta y rho respectivamente).

Las características, fórmulas y cálculos de estos parámetros utilizados para la cobertura serán presentados a continuación.

5.3.1 COBERTURA DELTA (Δ)

El coeficiente delta puede ser definido de tres maneras[2]:

1. El equivalente en el subyacente de la opción.
2. Su valor absoluto proporciona la probabilidad de que la opción sea ejercida (que termine en dinero).
3. La sensibilidad o elasticidad de la prima a las variaciones del precio del subyacente.

5.3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA COBERTURA

1. El equivalente en el subyacente de la opción.

Ésta es la más usual de las definiciones de delta ya que permite obtener razones de cobertura con el subyacente para las posiciones en opciones.

Una delta de la posición de un activo compensa la delta de la posición de la opción. A una posición con una delta con valor cero, se le llama delta neutral.

---

[2] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Pág. 158

La posición del inversionista solo permanece cubierta por delta (o delta neutral) durante un periodo relativamente corto. Ésto es porque delta varía. En la practica, cuando se ejecuta la cobertura delta, ésta debe de ajustarse periódicamente.

2. ***Su valor absoluto proporciona la probabilidad de que la opción sea ejercida (que termine en dinero).***

Esta definición es válida ya que el valor absoluto de las deltas proporcionará la probabilidad de ejercicio de las opciones correspondientes. Cuando están dentro de dinero las probabilidades son muy altas (muy cercanas a 1), en dinero se sitúa alrededor de 0.5 y cuando más fuera de dinero se encuentre la opción, más improbable será que se ejerza por lo que su delta estará muy próxima a cero.

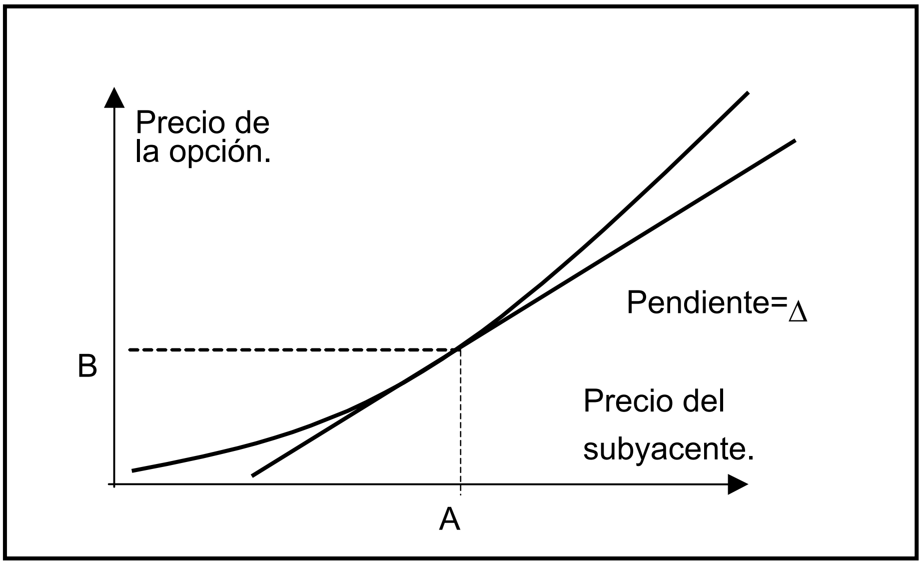
3. ***La sensibilidad o elasticidad de la prima a las variaciones del precio del subyacente.***

Se define como la tasa de variación de su precio respecto al precio del subyacente. Matemáticamente corresponde a la derivada parcial de la prima con respecto al precio del subyacente, que gráficamente representa la pendiente de la curva de dicha relación. La fórmula que describe lo anterior es:

$$\Delta = \frac{\partial C}{\partial S}$$

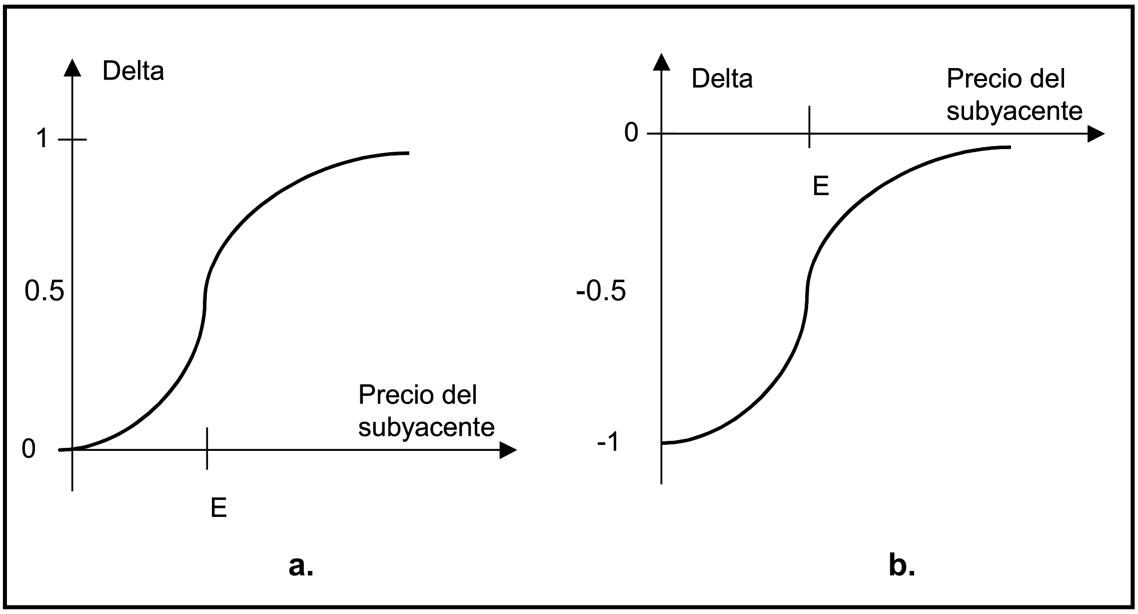
Donde ΔS es una pequeña variación del precio del subyacente y ΔC es la variación en el precio correspondiente a una opción de compra.

En la Gráfica 1 se muestra la relación entre el precio de la opción y el precio del subyacente. Cuando el precio del subyacente corresponde al punto A, el precio de la opción corresponde al punto B y Δ es la pendiente indicada por la fórmula antes mencionada.



Gráfica 1
Gráfica del precio del subyacente contra el precio de la opción

Para el caso de una opción call de tipo europeo, el valor de delta variará entre cero y uno y entre –1 y cero para el caso de las put. Cuando la opción call está fuera de dinero delta estará próxima a cero ya que una variación pequeña del precio del subyacente no cambia esta posición fuera de dinero de la opción. Gráfica 2.



Gráfica 2
a. Variación de delta de una opción de compra con respecto al precio del subyacente. b. Variación de delta con respecto al precio del subyacente para una opción de venta.

Si la opción está dentro de dinero (at the money, ATM), delta se aproxima a 0.5, es decir, una variación de un punto de cotización del subyacente se traduce en una variación de 0.5 puntos en la prima de la opción, por lo que variará la mitad del valor de cambio del subyacente.

En caso de que la opción esté fuera de dinero (Out the money, OTM), las deltas son bajas ya que cualquier cambio de valor en el subyacente tiene muy baja probabilidad de que la opción se mueva en su beneficio. Delta se va acercando a cero, lo cual significa que un cambio en el valor del subyacente no se verá reflejado en la prima de la opción. De esta manera se dice que un portafolio es inmune a pequeños cambios en el precio del subyacente.

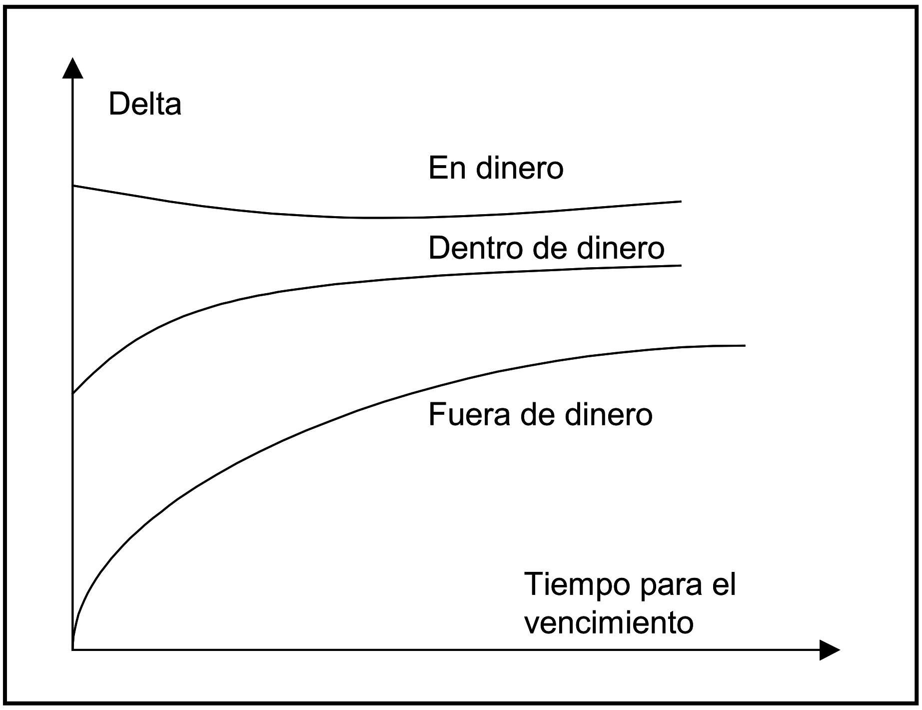
Cuando la opción está en dinero (in the money, ITM), la delta se va acercando a 1, conforme el valor intrínseco de la opción aumenta y el tiempo que falta para el vencimiento de la opción decrece. Delta igual a 1 significa que existe equilibrio entre el movimiento del subyacente y la prima, de tal manera que un cambio del valor en el primero se ve reflejado plenamente en el segundo.

Para una opción put, se tienen valores negativos debido a que si el precio del subyacente sube se provoca un descenso en el precio de las put, al caer su valor intrínseco, por lo que su elasticidad es negativa con respecto a dicho precio. Si la opción put está dentro de dinero su delta tendrá un valor próximo a –1, si está en dinero se aproxima a –0.5 y se aproximará a cero cuando esté fuera de dinero.

Dada la utilidad de delta es necesario estudiar aquellos factores que influyen en su valor. Los principales factores de influencia son: la volatilidad del subyacente, el paso del tiempo y el precio del subyacente.

El aumento en la volatilidad en delta, para una opción call europea en dinero, la incrementan y a la inversa. Las variaciones de la volatilidad obligan a pequeños ajustes en las carteras delta neutral a menos que cambien otros factores.

El paso del tiempo modifica el valor de delta (Gráfica 3), ya que a medida que la opción se acerca a su vencimiento, delta aumenta gradualmente. Ésto no implica un gran riesgo ya que sólo ocurren ajustes graduales fácilmente previsibles.



Gráfica 3
Variación de delta con respecto al tiempo para el vencimiento para una opción call.

Lo que más repercute sobre delta son las fluctuaciones del precio del subyacente, lo cual puede medirse a través del parámetro gamma.

El inversionista se encuentra temporalmente cubierto durante un periodo relativamente corto, ya que la delta varía. Debido a esto, la delta debe ser ajustada periódicamente para poder ser aplicada, a lo que se le conoce como reajuste (rebalancing) y por la frecuencia con que se hacen se conocen como "estrategias de coberturas dinámicas".

Al calcular delta lo que se busca es equilibrar los cambios del precio de la opción con el precio del subyacente con el fin de que tales cambios se cancelen. Su función principal es la de valorar la exposición al riesgo.

Cuando las opciones se utilizan como instrumento de cobertura, los cambios en delta pueden ser utilizados para obtener beneficios de la posición o para obtener una cobertura más barata.

5.3.1.2 CÁLCULO DE LA COBERTURA

Para una opción call de tipo europeo que no pague dividendos, delta estará dada por el resultado de la siguiente ecuación:

$$\Delta_C = \frac{\partial C}{\partial S}$$
$$\Delta_C = N(d_1) > 0$$

y para una opción put delta será calculada a través de la siguiente fórmula:

$$\Delta_P = \frac{\partial P}{\partial S}$$
$$\Delta_P = N(d_1) - 1 < 0$$
$$\Delta_P = \Delta_C - 1$$

donde $N(d_1)$ es la distribución normal acumulada de d_1, definida como:

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}}$$

***Delta de una cartera*[3]**

Cuando se tiene una cartera de opciones sobre un activo, la delta de la cartera será la suma de las deltas de las opciones individuales de la cartera. Esto en caso de que se trate del mismo tipo de subyacente. Si la cartera consiste en cantidades ω_i de la opción $i(1 \leq i \leq n)$, la delta de la cartera estará dada por:

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \Delta_i$$

donde Δi es la delta de la opción i, lo anterior es posible debido a que cada subyacente tiene un peso dentro de la cartera.

5.3.1.3 EJEMPLO

En el capítulo anterior se utilizaron datos de opciones que cotizaron en el MexDer para calcular opciones sobre IPC, basado en dichos ejercicios se calculará cada una de las letras griegas de cada problema con el fin de analizar su sensibilidad[4].

1. En el primer problema se valuó una call de tipo europeo con los siguientes datos[5]:

S = 168309.6
E= 165000
σ **=** 0.1783
r= 0.08452
T= 0.29315

Y resultados **C = $10 677.005**

Al calcular delta se obtiene: **Δ= N(d_1)= 0.6952,** en este caso el valor se tomó de los cálculos hechos en el primer problema del capítulo 4.

Con los resultados de delta se puede concluir que es una opción está dentro dinero ya que se encuentra próxima a 0.5 y puede considerarse cercano a 0.5 el intervalo (0.4,0.7)

2. En el segundo problema se valuó una put europeo con datos:

S= 158418.4
E= 155000
σ **=** 0.1783
r= 0.08672
T= 0.46301

Con resultado: **P = $ 3 620.808**

Y un valor de delta: **Δ= N(d_1)-1= - 0.2839**

---

[3] HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, Págs. 364 y 365.

[4] En esta sección los resultados que arrojan las griegas no serán analizados de manera exhaustiva ya que ésto se hará al final del capítulo.

[5] Los ejemplos que se analizarán en esta sección y sobre los cuales habrá de calcularse las griegas: Delta, gamma, theta, vega y rho, para posteriormente llevar a cabo el análisis de sensibilidad; son los ejemplos encontrados en el Capitulo 4, en las paginas 77-82.

Para este caso delta determina que la opción se encuentra fuera de dinero ya que el valor es muy cercano a cero y los valores cercanos a cero pueden ser considerados en el intervalo [-0.4,0]

3. En el tercer problema se valuó una call europea con datos:

S= 153678.7
E= 150000
σ **=** 0.1783
r= 0.08508
T= 0.39178

Obteniendo por resultado: **C = $11 809.399**

Y un valor de delta: Δ**= N(d_1)= 0.7162**

La delta en este caso indica que la opción está en dinero ya que el valor es muy cercano a 1, y este intervalo puede ser considerado en el intervalo [0.7,1]

4. En el cuarto problema se valuó una put europeo con datos:

S= 172441.9
E= 170000
σ **=** 0.1783
r= 0.08084
T= 0.27397

Obteniendo por resultado**: P =$ 3 693.736**

Y un valor de delta: Δ**= N(d_1)-1= - 0.3311**

En este caso delta muestra que la opción se encuentra en dinero ya que está más cercano al valor de –0.5 y puede considerarse en el intervalo (-0.7,-0.4)

5.3.2 COBERTURA GAMMA (Γ)

Gamma mide la sensibilidad de delta a los cambios en el precio del subyacente. Con lo que se puede saber la velocidad de los ajustes para las posiciones de delta neutral. También se le denomina la curvatura de una opción.

Se puede utilizar para anticipar la reacción de delta ante cambios en el mercado o para llevar a cabo una cobertura más ágil y matizada[6].

5.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA COBERTURA

Matemáticamente es la segunda derivada parcial de la prima (Π) con respecto al precio del subyacente.

$$\Gamma = \frac{\partial^2 \Pi}{\partial S^2}$$

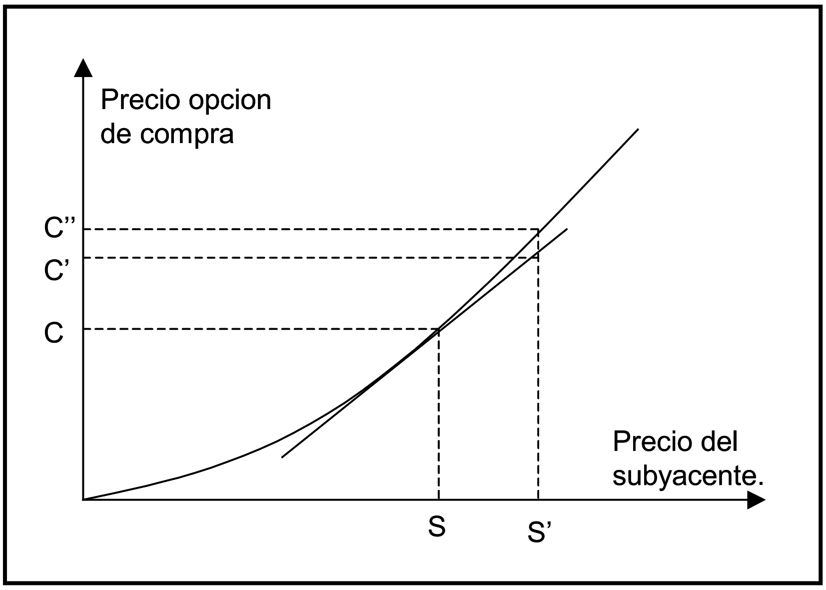
El tamaño de gamma indicará la posición de delta si el precio del subyacente sube o baja.

Si gamma es pequeña, delta varía lentamente y los ajuste para mantener una cartera neutral a delta no necesita realizarse con frecuencia.

Si gamma es grande en términos absolutos, delta es altamente sensible al precio del subyacente, por lo que es bastante arriesgado dejar la cartera neutral invariable para cualquier lapso de tiempo (Gráfica 4).

---

[6] STAMPFLI, Joseph; GOODMAN, Victor, **MATEMÁTICAS PARA LAS FINANZAS. MODELADO Y COBERTURA**, Ed. Thompson, México, 2002. Pág. 131.



Gráfica 4
Comportamiento del precio del subyacente contra el precio de la opción

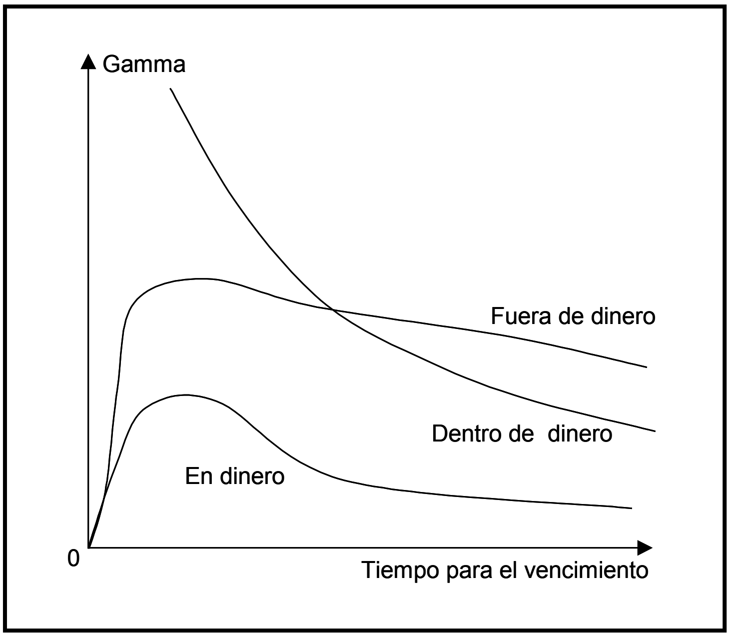
En la figura anterior se observa que cuando el precio de las acciones se mueve de S a S', delta supone que el precio de la opción se mueve de C a C' cuando de hecho se mueve de C hasta C''. La diferencia entre C' y C'' produce un error de cobertura, que depende de la curva de la relación entre el precio de la opción y el precio del subyacente. Dicha curvatura se mide a través de gamma.

Gamma es neutral cuando su valor es cero (Γ= 0) y significa que la delta está proporcionando protección contra los grandes movimientos en el precio del subyacente entre los reajustes de cobertura.

Sobre gamma actúa el plazo hasta el vencimiento y la volatilidad. Cuando las opciones se acercan a su fecha de vencimiento se produce lo siguiente:

- En las opciones en dinero, gamma aumenta radicalmente.
- En las opciones fuera y dentro de dinero, gamma tiende a ser cero.

La variación de gamma con el tiempo hasta el vencimiento para una opción dentro de dinero, incrementa cuado el tiempo decrece. Cuando las opciones están cercanas a su vencimiento las gammas son mas elevadas, lo que significa que el valor de la posición del propietario de la opción es muy sensible a saltos en el precio del subyacente (Gráfica 5).

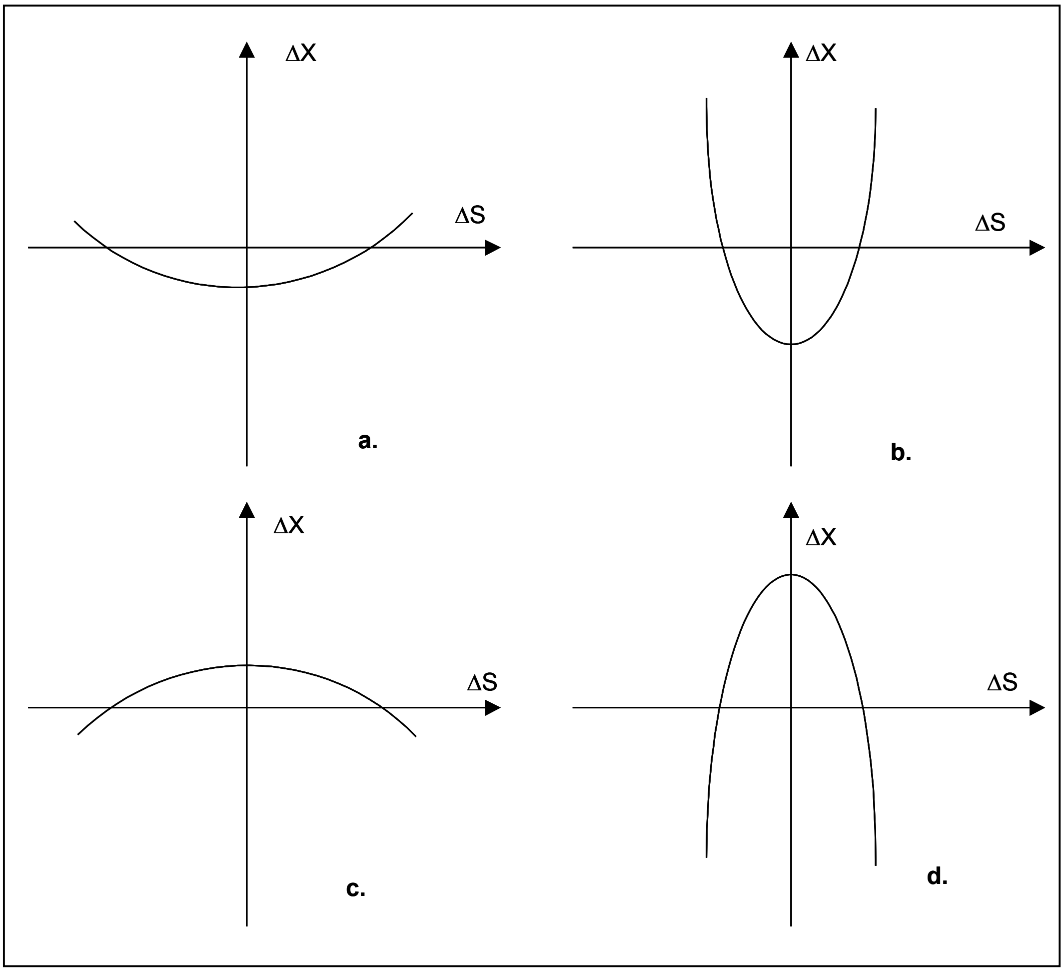


Gráfica 5
Variación de gamma con el tiempo para el vencimiento.

Con respecto a la volatilidad, los aumentos de ésta hacen disminuir la gamma de las opciones en dinero y hasta cierto nivel de volatilidad aumentan la gamma de las opciones fuera y dentro de dinero y a la inversa. Por lo que es de suponerse que en una posición gamma, de pequeño volumen, puede aumentar radicalmente sólo con el paso del tiempo o por cambios de la volatilidad.

La gamma es idéntica para una call que para una put equivalentes. Ésto es porque la delta de una put es negativa y un aumento en el precio del subyacente la desplazará fuera de dinero, lo que implica que su valor absoluto se reduce. Un aumento en el precio del subyacente se traduce en que el valor de gamma se suma a la delta de la put, la cual reduce su valor absoluto.

Cuando se tienen carteras de opciones con delta neutral, gammas positivas y negativas los efectos son los siguientes: Si gamma es positiva, la cartera baja de valor si no hay cambios en S_t (Gráfica 6.a), pero incrementa su valor si hay un gran cambio positivo o negativo en S_t (Gráfica 6.b). Cuando gamma es negativa ocurre lo contrario, la cartera aumenta de valor si no hay cambios en S_t (Gráfica 6.d), pero disminuye su valor si hay un gran cambio positivo o negativo en S_t (Gráfica 6.c). Cuando el valor absoluto de gamma aumenta, la sensibilidad del valor de la cartera aumenta hasta S_t.



Gráfica 6
(a). Gamma positiva, cartera con bajo valor sin cambios en S_t; (b). Gamma positiva, cartera con alto valor con un gran cambio en S_t; (c). Gamma negativa disminuye el valor de la cartera con un gran cambio en S_t ; (d). Si gamma es negativa la cartera aumenta su valor si no hay cambios en S_t.

La consecuencia de una cartera con gamma negativa es la exigencia de una gestión de cobertura rigurosa con operaciones constantes de compra o venta del subyacente para ajustar la delta de la cartera.

Gamma proporciona la medida de riesgo especifico asumido en las posiciones de opciones ya que la delta mide el riesgo de posición en términos del subyacente.

Como paso previo al cálculo de gamma debería calcularse una “doble gamma”[7]:

- *Gamma Superior*. Gamma existente para la cartera si el subyacente sube en una determinada proporción sin que el operador haya realizado ninguna nueva operación.
- *Gamma Inferior*. Gamma existente para la cartera en caso de que el precio del subyacente baje en una determinada proporción sin que el operador haya realizado una nueva operación.

Con ambos valores se realiza una media para obtener la gamma definitiva.

5.3.2.2 CÁLCULO DE LA COBERTURA

Para una opción de compra o venta de tipo europeo, gamma está dada por:

$$\Gamma = \frac{\partial \Delta}{\partial S}$$

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}}$$

donde d_1 se define como:

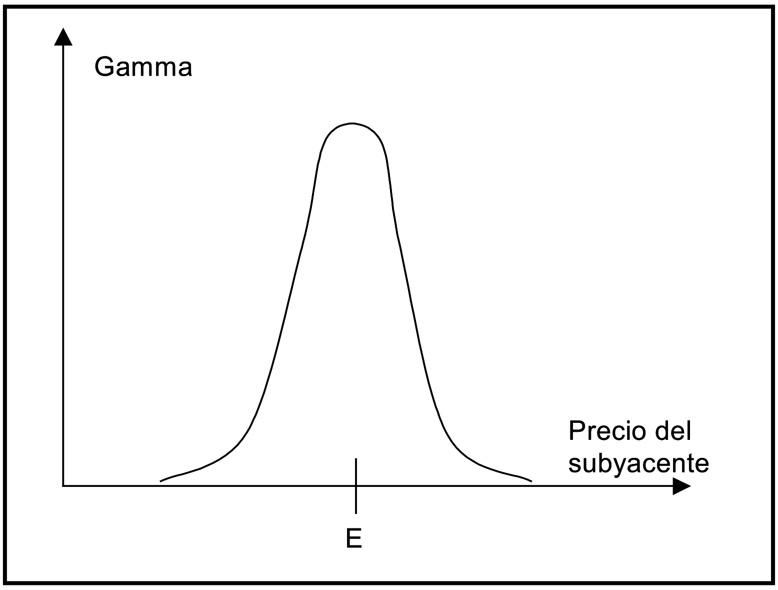
$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}}$$

y N’(x) se define como:

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}$$

[7] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Pág. 165

el valor de gamma siempre es positivo y varía con S como se muestra en la Gráfica 7.



Gráfica 7
Variación de gamma con el precio del subyacente para una opción

5.3.2.3 EJEMPLO

1. Primera call de tipo europeo:

   Con resultado **C = $10 677.005**

   Al calcular el valor de gamma se tiene que del capítulo 4 se puede tomar el valor de **d_1= 0.5106**

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.5106)^2}{2}} = 0.3502$$

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}} = \frac{0.3502}{(168309.6)(0.1783)(\sqrt{0.29315})} = 0.000022$$

   Por lo que tiene una gamma de: **Γ = 2.2 x 10^{-5}**

   Lo anterior indica que es una opción dentro de dinero ya que su valor es prácticamente cero y se confirma a través del delta que indica que la opción se encuentra en esta posición.

2. En el segundo problema se valuó una put europea.

   Con resultado: **P = \$3 620.808**

   d_1 = 0.57141773

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.57141773)^2}{2}} = 0.3389$$

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}} = \frac{0.3389}{(158418.4)(0.1783)(\sqrt{0.29315})} = 0.000018$$

   Se tiene un valor de gamma: **Γ = 1.8 x 10^{-5}**

   Por lo que se tiene una opción dentro de dinero ya que el valor de gamma es prácticamente cero.

3. En el tercer problema se valuó una call europea.

   Obteniendo por resultado: **C = \$11 809.399**

   d_1= 0.5715

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.5715)^2}{2}} = 0.3388$$

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}} = \frac{0.3388}{(153678.7)(0.1783)(\sqrt{0.29315})} = 0.0000195$$

   Y un valor de gamma: **Γ = 1.95 x 10^{-5}**

   Lo anterior indica que es una opción dentro de dinero ya que su valor es prácticamente cero.

4. En el cuarto problema se valuó una put europea.

   Obteniendo por resultado**: P = \$3 693.736**

   d_1 = 0.4367

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.4367)^2}{2}} = 0.3626$$

$$\Gamma = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}} = \frac{0.3626}{(172441.9)(0.1783)(\sqrt{0.29315})} = 0.0000225$$

Y un valor de gamma: Γ **= 2.25 x 10^{-5}**

La opción se encuentra dentro de dinero ya que el valor de gamma es prácticamente cero.

5.3.3 COBERTURA THETA (Θ)

Theta mide la sensibilidad de la prima al paso del tiempo, es decir, cuando T decrece con todos los demás factores permaneciendo iguales. En ocasiones se le denomina degradación por envejecimiento (*time decay*).

5.3.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA COBERTURA

Matemáticamente se define como la primera derivada parcial de la prima (Π) de la opción con respecto al tiempo, la cual es negativa para reflejar el efecto negativo del precio:

$$\Theta = -\frac{\partial \Pi}{\partial T}$$

En muchas ocasiones theta es utilizada cuando se venden opciones para obtener algún beneficio potencial o cuando se están comprando opciones para medir su exposición cuando el tiempo se acaba.

En el caso de las opciones americanas, theta siempre tiene un valor positivo ya que de darse el caso en que la opción tuviese el valor de tiempo negativo, se ejercería automáticamente.

Cuando las opciones tienen un valor de theta negativo se debe a que los intereses son mayores que las posibilidades de mayores ganancias en el futuro.

Para efectos operativos es fácil expresar a theta en términos de pérdida en la prima de la opción por el transcurso de un día. Analíticamente, el factor de caída del precio por el paso del tiempo será igual a:

$$Decaimiento\_por\_día = \frac{\Theta\_anual}{365}$$

El resultado anterior será descontado de la prima de la opción obteniendo por resultado la nueva prima en caso de que transcurra un día con los mismos niveles de volatilidad, precio del subyacente, tipo de interés, etc.

Ejemplo.

Se tiene una put europea sobre divisas con una prima de 65 UM y una Θ de 22.902.

En este caso el decaimiento por día será:

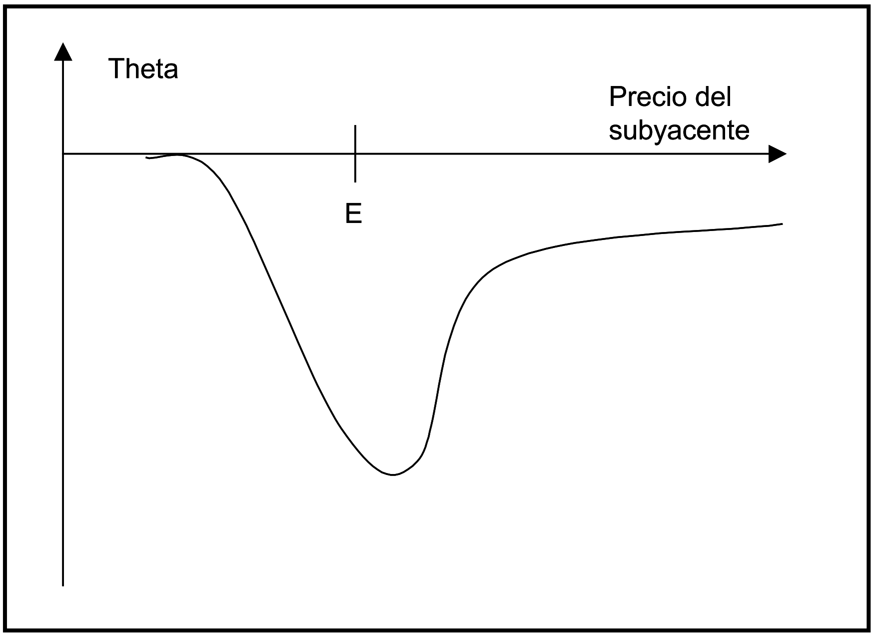
$$Decaimiento\_por\_día = \frac{-22.902}{365} = -0.06274$$

65 - 0.06274 = **64.94**

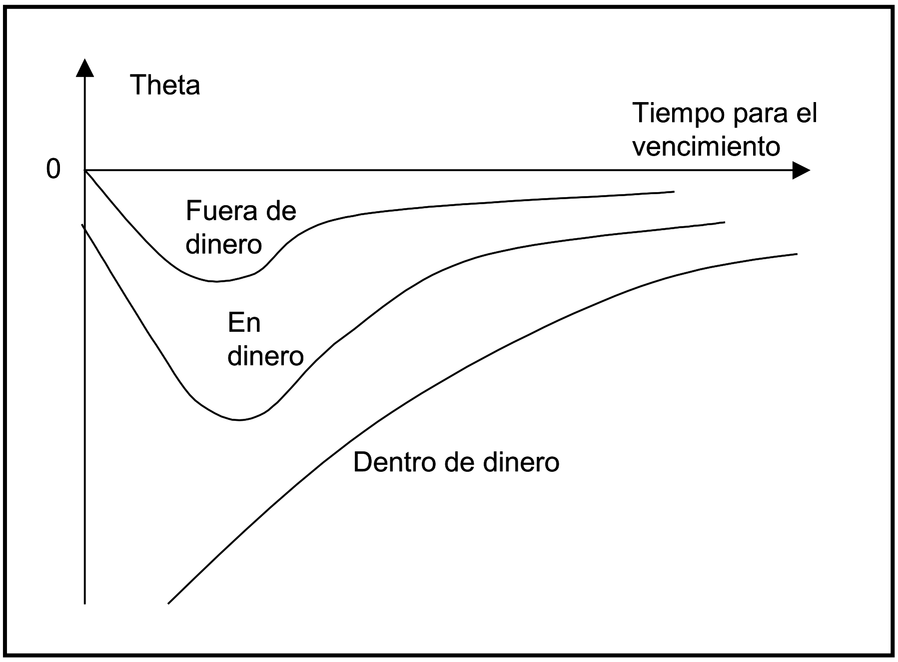
Es decir, si transcurre un día con los mismos niveles de volatilidad, precio del subyacente, tipo de interés, etc., la prima caerá a 64.94 UM aproximadamente.

El signo de theta es invertido para reflejar el efecto negativo del tiempo. De esta manera las thetas negativas aparecen en las posiciones de compra de opciones y las thetas positivas en las posiciones de venta.

Al analizar la variación de Θ con el precio del subyacente para una opción de compra se observa que cuando el precio del subyacente (Gráfica 8) es muy bajo, theta se acerca a cero. Para una opción dentro de dinero, theta es relativamente grande y negativa. Cuando el precio del subyacente es más grande, theta tiende a $-Ee^{-rT}$. (Gráfica 9).



Gráfica 8
Variación de Θ de una opción call europea con respecto al subyacente.



Gráfica 9
Variación de Θ de una opción call europea con respecto al tiempo para el vencimiento.

Los efectos de gamma y theta son inversos y se contrarrestan. Un vendedor de opciones puede tener una gamma negativa pero en el transcurso del tiempo le favorece (theta positiva), debido a que las opciones vendidas pierden valor en el tiempo. Por el contrario, cuando se compran opciones la gamma positiva es compensada por los efectos negativos del paso del tiempo (theta negativa).

Theta es un coeficiente que puede utilizarse para especular.

5.3.3.2 CÁLCULO DE LA COBERTURA

Para una opción de compra de tipo europeo theta se calcula de la siguiente manera:

$$\Theta = \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} SN(d_1) - \frac{\partial}{\partial t} Ee^{-rt} N(d_2)$$

siendo $\frac{\partial N(d_1)}{\partial t} = N'(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial t}$ donde $N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}$

multiplicando por un signo negativo, para hacer énfasis en el efecto negativo del precio, y resolviendo la derivada se tiene:

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rEe^{-rt} N(d_2) < 0$$

donde d_1 y d_2 se definen como:

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S}{E}) + (r - \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

y $N'(x)$ está dado por:

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}$$

Para una opción europea de venta, theta se calcula de la siguiente manera, la cual se calcula de manera similar a la fórmula para el call pero calculando la derivada de la ecuación del put con respecto al tiempo y multiplicando por un signo negativo, se tiene lo siguiente:

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} + rEe^{-rt}N(-d_2)$$

la cual puede ser positiva o negativa.

5.3.3.3 EJEMPLO

1. Para la primera call de tipo europeo

d_1 = 0.5106

d_2 = 0.4141

$N(d_2)$= 0.6606

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.5106)^2}{2}} = 0.3502$$

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rEe^{-rT}N(d_2) =$$

$$\Theta = -\frac{(168309.6)(0.3502)(0.1783)}{2 * \sqrt{0.46301}} - (0.08452)(10633.19) = -18691.64$$

Obtiene un valor de theta**:** θ **= - 18691.64**

Y un valor de decaimiento por día **= - 51.209**

De esta manera la prima caerá a**:** 10677.005 – 51.209 **= 10625.796**

Lo cual implica que si las condiciones bajo las cuales es emitida la opción se mantienen iguales, la prima caerá 51.209 unidades por día.

2. En el segundo problema para una put europea.

d_1 = 0.5714

d_2 = 0.450093

$N(-d_2)$= 0.3263

$$N'(d1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.5714)^2}{2}} = 0.3389$$

$$\Theta = -\frac{SN'(d1)\sigma}{2\sqrt{T}} - rEe^{-rT} N(-d2) =$$

$$\Theta = -\frac{(158418.4)(0.3389)(0.1783)}{2 * \sqrt{0.46301}} - (0.08672)(4858.92) = -2819.298$$

Obtiene un valor de theta**:** θ **= - 2819.298**

Y un valor de decaimiento por día **= - 7.724**

De esta manera la prima caerá a: 3620.808 - 7.724 **= 3613.084**

3. Para una call europea del problema tres.

d_1 = 0.5715

d_2 = 0.4599

N(d_2)= 0.6772

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.5715)^2}{2}} = 0.3388$$

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rEe^{-rt} N(d_2) =$$

$$\Theta = -\frac{(153678.7)(0.3388)(0.1783)}{2 * \sqrt{0.46301}} - (0.08508)(9825.451) = -15772.703$$

Obtiene un valor de theta**:** θ **= - 15772.703**

Y un valor de decaimiento por día **= - 43.221**

De esta manera la prima caerá a: 11809.399 - 43.221 **= 11766.178**

4. En el cuarto problema para una put europea.

d_1 = 0.4367

d_2 = 0.3434

N(-d_2)= 0.3656

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(0.4367)^2}{2}} = 0.6688$$

$$\Theta = -\frac{SN'(d_1)\sigma}{2\sqrt{t}} - rEe^{-rt}N(-d_2) =$$

$$\Theta = -\frac{(172441.9)(0.6688)(0.1783)}{2 * \sqrt{0.46301}} - (0.08084)(6079.426) = -5733.736$$

Obtiene un valor de theta**:** θ **= - 5736.398**

Y un valor de decaimiento por día **= - 15.716**

De esta manera la prima caerá a**:** 3693.736 - 15.716 **= 3678.02**

5.3.4 RELACIÓN ENTRE DELTA, THETA Y GAMMA[8]

La fórmula de Black y Scholes se define de la siguiente manera:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial S} rS + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial^2 S^2}\sigma^2 S^2 = rf$$

Donde f(S,t) es la función correspondiente al precio de la opción, call o put, los cuales dependen del precio del subyacente (S) y el tiempo (t).

Dadas las definiciones anteriores, se sabe que Δ, Γ y Θ desempeñan un papel importante en la cobertura de opciones y se definen de la siguiente manera:

$$\Delta = \frac{\partial f}{\partial S}$$

$$\Gamma = \frac{\partial^2 f}{\partial S^2}$$

$$\Theta = \frac{\partial f}{\partial t}$$

Si cada una de las definiciones anteriores es sustituida sobre la fórmula de Black y Scholes, se obtiene lo siguiente:

$$\Theta + rs\Delta + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \Gamma = rf$$

[8] Lo descrito en esta sección, está basado en la información encontrada en la siguiente fuente: STAMPFLI, Joseph; GOODMAN, Víctor, **MATEMÁTICAS PARA LAS FINANZAS. MODELADO Y COBERTURA**, Ed. Thompson, México, 2002. Págs. 130-133.

Lo anterior resulta útil cuando se quiere calcular un nuevo precio a partir del que se obtuvo en un principio por la fórmula de Black y Scholes. De esta manera no será necesario que se vuelva a llevar a cabo todo el cálculo con el nuevo dato que es el que está variando; éste puede ser sustituido en la fórmula anterior para obtener un nuevo resultado, lo cual facilita el análisis de sensibilidad.

Ejemplo:

La ecuación diferencial del precio de una call está dada por:

$$dC = \Theta dt + \Delta dS + \frac{1}{2}\Gamma dS^2$$

Suponiendo que se tiene:	Se encuentran los resultados:
S = 43	C = 5.56 (con Black y Scholes)
E = 40	Δ = 0.825
σ = 0.1414	Γ = 0.143
r = 0.05	Θ = - 3.0635
T = 1 año	

Si después de tres semanas el precio del subyacente es S = 44, usando la aproximación de la call es:

$$C_{nuevo} = C_{anterior} + \Theta dt + \Delta dS + \frac{1}{2}\Gamma dS^2$$

donde dt = 3/52 y dS = 44-43 = 1.

De esta manera se obtiene:

$$C_{nuevo} = 5.56 + (-3.0635)\frac{3}{52} + (0.825)(1) + \frac{1}{2}(0.143)(1)^2$$
$$C_{nuevo} = 5.56 + (-0.177) + 0.825 + 0.0715$$
$$C_{nuevo} = 6.276$$

Bajo las nuevas condiciones el precio de la call es ahora **6.276** utilizando Black y Scholes.

Cuando se tiene una delta neutral, Δ = 0 se tiene:

$$\Theta + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \Gamma = rf$$

En esta parte se observa que Θ es grande y positiva mientras Γ tiende a ser grande y negativa y viceversa. (Ésto es consistente con lo mostrado en la Gráfica 6).

5.3.5 VEGA (Λ)

También se le llega a llamar lambda, kappa, omega, etc. Mide la sensibilidad de la prima a las variaciones de la volatilidad[9] negociada en el mercado.

5.3.5.1 CARACTERÍSTICAS

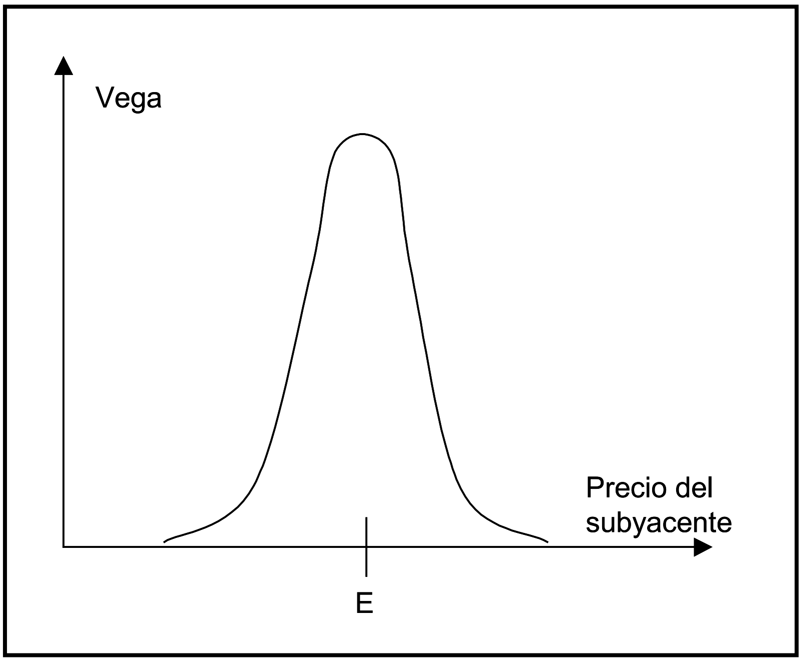
En las coberturas anteriores se ha mantenido constante la volatilidad del subyacente de la opción, sin embargo ésta varía con el tiempo, lo que implica que el valor de la opción tiende a cambiar debido a cambios en la volatilidad al igual que debido a los cambios en el precio del subyacente y al paso del tiempo.

Matemáticamente vega se define como la derivada parcial de la prima de una opción con respecto a la volatilidad.

$$\Lambda = \frac{\partial \Pi}{\partial \sigma}$$

Los incrementos de la volatilidad influyen de manera positiva sobre cualquier opción, lo que explica porque todas las opciones tienen una vega positiva (Gráfica 10).

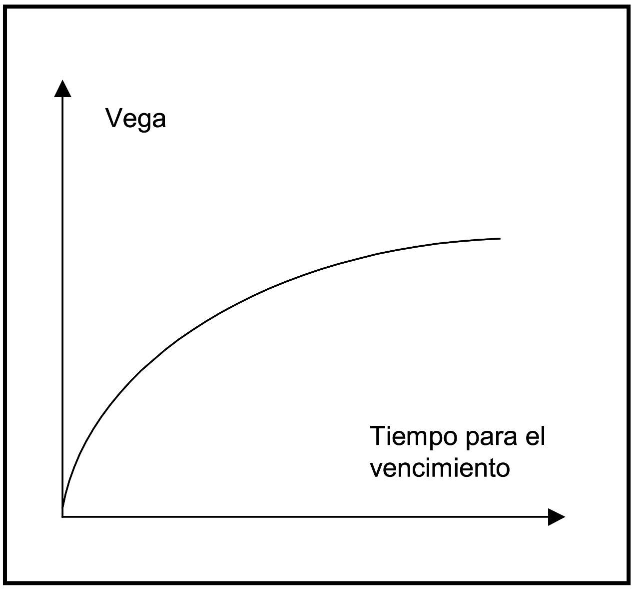
[9] La volatilidad mide el cambio en el precio durante un determinado periodo.



Gráfica 10
Variación de vega con respecto al precio del subyacente para una opción.

Una opción que se encuentra en dinero posee una vega grande, es decir, son las más sensibles a los cambios en la volatilidad. Una opción fuera de dinero es más sensible a las variaciones de volatilidad que las que se encuentran dentro de dinero, por lo tanto, las opciones fuera de dinero tendrán una vega mayor que las que se encuentran dentro de dinero.

La variación general de vega con respecto al tiempo hasta el vencimiento es igual para opciones en dinero, dentro de dinero y fuera de dinero (Gráfica 11).



Gráfica 11
Variación de vega con respecto al tiempo para el vencimiento de una opción.

Las carteras de opciones de compra tienen vega positiva y las de venta poseen una vega negativa ya que cuando se compran opciones nos interesa que suba la volatilidad y cuando se vende una opción que baje.

Se sabe que la neutralidad de gamma protege contra el retraso en el tiempo entre reajustes de cobertura. La neutralidad de vega protege contra la volatilidad variable. Por lo que saber si lo mejor es utilizar una opción negociada disponible para cobertura vega o gamma dependerá del tiempo entre los reajustes de cobertura y de la volatilidad de la volatilidad.

La vega de una cartera puede cambiarse añadiendo una posición en una opción negociada[10]. Si Λ es la vega de una cartera y Λ_T es la vega de una opción negociada, una posición de $-\Lambda/\Lambda_T$ en la opción negociada hace a la cartera instantáneamente vega neutral.

Una cartera que es gamma neutral en general no será vega neutral y viceversa. Si se requiere cubrir una cartera que sea gamma y vega neutral se deben utilizar dos opciones negociadas dependientes del subyacente.

[10] HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, Págs. 374.

5.3.5.2 CÁLCULO

La vega para una call o put de tipo europeo se calcula de la siguiente manera:

$$\Lambda = \frac{\partial \Pi}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} SN(d_1) - \frac{\partial}{\partial \sigma} Ee^{-rt} N(d_2)$$

siendo $\frac{\partial N(d_1)}{\partial \sigma} = N'(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial \sigma}$ donde $N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}$

resolviendo la derivada parcial con respecto de la varianza se tiene la siguiente manera de calcular el parámetro vega, como se muestra a continuación:

$$\Lambda_c = \Lambda_p = S\sqrt{T}N'(d_1) > 0$$

5.3.5.3 EJEMPLO

1. En el primer problema de una call europea.

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0.5106)^2}{2}} = 0.3502$$

$$\upsilon_c = S\sqrt{T}N'(d_1) = (168309.6)(\sqrt{0.29315})(0.3502) = 31911.069$$

Tiene un valor vega igual a**: Λ= 31911.069**

2. Put europeo

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0.57141773)^2}{2}} = 0.3389$$

$$\Lambda_p = S\sqrt{T}N'(d_1) = (158418.4)(\sqrt{0.46301})(0.3389) = 36526.679$$

Tiene un valor vega igual a**: Λ= 36526.679**

3. En el tercer problema la call europea, tiene un valor

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0.5715)^2}{2}} = 0.3388$$

$$\Lambda_c = S\sqrt{T}N'(d_1) = (153678.7)(\sqrt{0.39178})(0.3388) = 32591.463$$

Vega igual a**: Λ= 32591.463**

4. En el cuarto problema la put europea tiene valor de

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(0.4367)^2}{2}} = 0.3626$$

$$\Lambda_p = S\sqrt{T}N'(d_1) = (172441.9)(\sqrt{0.27397})(0.3626) = 32732.292$$

Vega igual a**: Λ= 32732.292**

5.3.6 RHO (ρ)

Se define como la tasa de variación del valor de la cartera con respecto al tipo de interés.

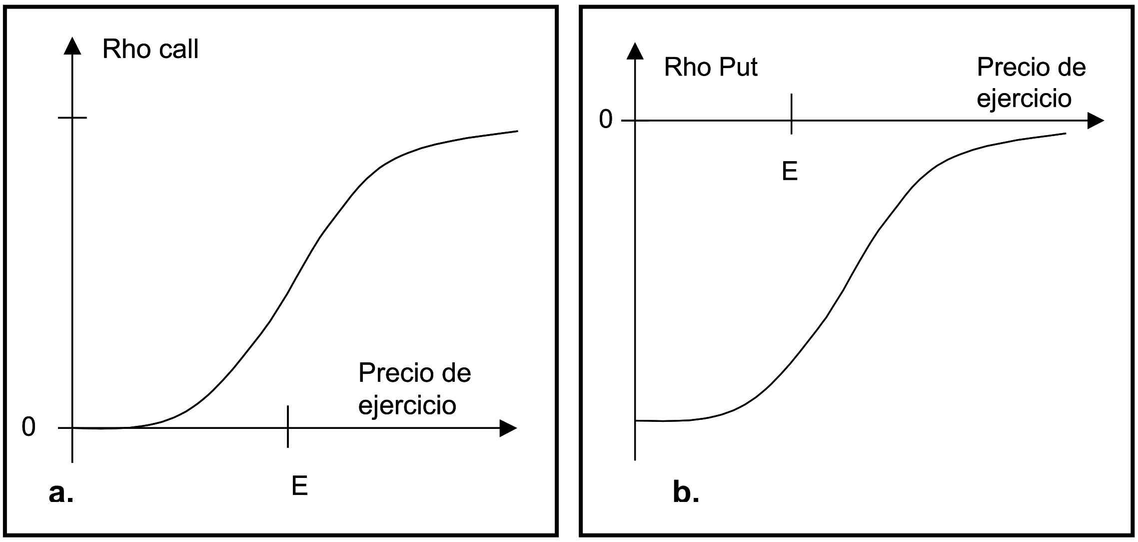
5.3.6.1 CARACTERÍSTICAS

Matemáticamente se define como la derivada parcial de la prima con respecto a la tasa de interés.

$$\rho = \frac{\partial \Pi}{\partial r}$$

Mide la sensibilidad del valor de una cartera a los tipos de interés.

Para el caso de las call, rho tiene valores positivos y para el caso de las put, rho arroja valores negativos. (Gráfica 12.a y 12.b).



Gráfica 12
a) Variación de rho con respecto al precio de ejercicio en una opción call de tipo europeo. b) Variación de rho con respecto al precio de ejercicio en una opción put de tipo europeo

Una elevada tasa de interés aumentan el valor presente de lo invertido (el cual tiene un valor de expiración igual al precio de ejercicio).

5.3.6.2 CÁLCULO

Para una opción europea de compra, rho es calculada de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{\partial C}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r} SN(d_1) - \frac{\partial}{\partial r} Ee^{-rt} N(d_2)$$

siendo $\frac{\partial N(d_1)}{\partial r} = N'(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial r}$ donde $N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2}}$

al resolver la derivada parcial con respecto de la tasa libre de riesgo se tiene:

$$\rho = ETe^{-rT} N(d_2) > 0$$

donde d_2 se calcula de la manera antes mencionada en este capítulo. Para una opción europea de venta se tiene lo siguiente:

$$\rho = \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r} Ee^{-rt} N(-d_2) - \frac{\partial}{\partial r} SN(-d_1),$$

que al resolverse tiene por resultado:

$$\rho = -ETe^{-rT} N(-d_2) < 0$$

Para el caso especial de tener por subyacente a algún tipo de divisa las fórmulas cambian debido a dos tipos de interés. Cuando se toma en venta el tipo de interés nacional se utilizan las fórmulas arriba mencionadas pero para el caso de considerar el tipo de interés extranjero en el caso de una opción de compra europea se tiene:

$$\rho = -Te^{-r_f T} SN(d_1)$$

mientras que para una opción europea de venta se utiliza:

$$\rho = Te^{-r_f T} SN(-d_1)$$

5.2.6.3 EJEMPLO

1. Problema de la call europea

$N(d_2) = 0.6606$

$$\rho = ETe^{-rT} N(d_2) = (0.2931)(106331.9) = 31171.265$$

Tiene un valor de rho igual a: ρ **= 31171.265**

2. En el segundo, una put europeo

$N(-d_2) = 0.3263$

$$\rho = -ETe^{-rT} N(-d_2) = (0.46301)(48589.2) = -22497.464$$

Tiene un valor de rho igual a: ρ **= - 22497.464**

3. En el tercer problema, la call europea

$N(d_2) = 0.6772$

$$\rho = ETe^{-rT} N(d_2) = (0.39178)(98254.51) = 38494.231$$

Tiene un valor de rho igual a: ρ **= 38494.231**

4. En el cuarto problema, la put europea

$N(-d_2)= 0.3656$

$$\rho = -ETe^{-rT} N(-d_2) = (0.27397)(60794.26) = -16655.962$$

Tiene un valor de rho igual a: ρ **= - 16655.962**

5.3.7 ANÁLISIS A TRAVÉS DE LAS GRIEGAS.

En el cuadro siguiente se resume el valor de los parámetros para distintas posiciones con opciones[11].

Posicion	Delta	Gamma	Theta	Vega
Compra Call	+	+	−	+
Venta call	−	−	+	−
Compra Put	−	+	−	+
Venta Put	+	−	+	−
Cartera compradora de opciones	Ind.	+	− (*)	+
Cartera vendedora de opciones	Ind.	−	+ (*)	−

*Depende el signo del peso de las opciones en dinero (ITM) dentro de la cartera

Cuadro 1
Valor de los parámetros para distintas posiciones con opciones.

En el siguiente cuadro se resumen los efectos de una cartera de opciones de diferentes movimientos de mercado en función del signo de sus parámetros fundamentales. En este caso, lo importante es tener las carteras con los valores apropiados de cada parámetro ante un movimiento determinado de los mercados.

[11] LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003, Pág. 170

Parámetro	Signo	Subida precio subyacente	Descenso precio del subyacente	Aumento Volatilidad	Paso del tiempo.
Delta	+	Beneficios	Pérdidas	Depende del valor de los otros parámetros	Depende del valor de los otros parámetros
Delta	—	Perdidas	Beneficios	Depende del valor de los otros parámetros	Depende del valor de los otros parámetros
Gamma	+	Depende del signo Delta	Depende del signo Delta	Beneficios	Pérdidas
Gamma	—	Depende del signo Delta	Depende del signo Delta	Pérdidas	Beneficios
Theta^	+	Depende del signo Delta	Depende del signo Delta	Pérdidas	Beneficios
Theta	—	Depende del signo Delta	Depende del signo Delta	Beneficios	Pérdidas
Vega	+	Depende del signo Delta	Depende del signo Delta	Beneficios	Pérdidas
Vega	—	Depende del signo Delta	Depende del signo Delta	Pérdidas	Beneficios

^ Se usa la conversion de cambiar el signo original del parámetro.

Cuadro 2
Valores de los parámetros y resultados de una cartera de opciones ante diferentes movimientos en los mercados

Los datos de las opciones valuadas y los resultados obtenidos en los problemas de los ejemplos de opciones sobre IPC, a través de las griegas se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 1. Datos de las opciones valuadas.

						Black y Scholes
Opción	**S =**	**E=**	**σ =**	**r=**	**T=**	**Precio Opción**
1. Call	$168,309.60	$165,000.00	0.1783	0.08452	0.29315	$10,677.00
2. Put	$158,418.40	$155,000.00	0.1783	0.08672	0.46301	$3,620.81
3. Call	$153,678.70	$150,000.00	0.1783	0.08508	0.39178	$11,809.40
4. Put	$172,441.90	$170,000.00	0.1783	0.08084	0.27397	$3,693.74

Tabla 2. Resultados de las griegas.

Opción	Delta Δ	Gamma Γ	Theta Θ	Pérdida por día	Vega Λ	Rho ρ
1. Call	0.6952	2.1552E-05	-18691.640	-51.2100	31911.069	31171.266
2. Put	-0.2839	1.7630E-05	-2819.298	-7.7241	36526.679	-22497.464
3. Call	0.7162	1.9755E-05	-15775.704	-43.2211	32591.464	38494.232
4. Put	-0.3311	2.2534E-05	-5736.398	-15.7162	32732.293	-16655.962

Tabla 3. Comparación del precio teórico de las opciones con el precio de liquidación.

	Black y Scholes			
Opción	**Precio teórico**	**Precio de liquidación**	**Diferencia**	**%**
1. Call	$10,677.00	$9,410.00	$1,267.00	11.87
2. Put	$3,620.81	$3,210.00	$410.81	11.35
3. Call	$11,809.40	$11,140.00	$669.40	5.67
4. Put	$3,693.74	$3,340.00	$353.74	9.58

- **Análisis de sensibilidad con delta**

Dada la tabla anterior se puede observar con respecto a delta que para las call se tiene el 69.52%, en el problema uno, y el 71.62%, en el problema dos, de probabilidad de que el precio del IPC, en el mes de marzo, se encuentre por encima del precio de ejercicio pactado en cada caso. Dado que los porcentajes son muy cercanos a uno se puede concluir que las opciones se encentran dentro de dinero.

En el caso de las put, la tasa de cambio en caso de movimientos en el precio del subyacente es de 28.39%, en el problema dos, y 33.11% en el problema cuatro. Debido a que son deltas cercanas a cero se sabe que las opciones están fuera de dinero.

Para el primer problema. Suponiendo que el precio del IPC sube de $168 309.6 a $168 359.6, es decir, existe una diferencia de $50 entre los precios. El precio de la call sube $50 (.6952)= $34.76. De esta manera el precio de la call variará de $10 677 a $10 711.76

En el caso de la segunda call, si el precio subiera de $153 678.7 a $153 753.7 (diferencia de $75); el precio de la call aumentaría $75 (.7162) = $ 53.715, es decir, el precio cambiaría de $11 809.4 a $11863.12.

La primera put tiene un precio del subyacente de $158 418.4, suponiendo que el precio sube a $158 433, es decir, sube $14.6. El precio de la put aumentaría $14.6 (.2839) = $ 4.15, modificando el precio de la opción de $3 693.74 a $3 697.89.

El valor del subyacente de la segunda put es $172 441.9 si aumentara su valor a $172 478.6 ($36.7, la diferencia), Aumentaría el precio de la prima en $36.7 (.3311)= $12.15; así el precio de la opción cambiaria de $3 693.74 a $3 706.24.

En la Tabla tres, se hace la comparación entre el precio teórico de la opción (calculado por método de Black y Scholes) y el precio de mercado (precio de liquidación). En esta sección puede observarse que el precio calculado se encuentra por encima del precio de mercado por lo que se puede decir que las opciones se encuentran subvaluadas en el mercado, debido a que podrían tener un valor más elevado.

Lo ideal, en los mercados desarrollados, es que la diferencia entre el valor teórico y el valor de mercado, sea menor al 2% para que no haya utilidades o pérdidas potenciales. En el mercado mexicano, dicha diferencia puede resultar mayor a un 2%, sin embargo esto no resulta una prueba de ineficiencia del mercado, esto se debe al alto coso de las comisiones que suele haber por parte de los agentes. Así los resultados obtenidos implican que existe un amplio potencial de utilidades ya que el precio teórico indica que las opciones están subvaluadas y deberían apreciarse (a un precio cercano al teórico).

Ejemplo 1:

Si se cuenta con un presupuesto de $16 830 960, el cual quiere ser cubierto con opciones y que se espera que refleje el IPC. Se emiten 100 contratos de opción a un precio del subyacente de 168 30.96 puntos IPC.

Suponiendo que las opciones se ajustan al precio teórico en 5 días (una semana hábil), las utilidades serían de (1 067.7 x 100) – (9 41 x 100)= 12 670 puntos IPC, lo cual implica utilidades de $126 700.

En una semana se tiene un rendimiento es de:

$$\left(\frac{\$126{,}700}{\$16{,}830{,}960}\right)\times 100 = 0.7528\%$$

0.7528% x 52 = 39.15%, anual.

Tomando en cuenta que la comisión puede ser del 4% se tendría una ganancia neta de 39.15% - 4% = 35.15% anual, equivalente a $5 916 082.44. De esta manera se cubre la inversión y pueden obtenerse ganancias gracias a la diferencia de los precios.

Ejemplo 2:

En cuestión de cobertura y tomando en cuenta el problema tres, una call. Si un inversionista ha emitido 10 contratos de opción sobre IPC con un subyacente de 15 367.87 puntos. La delta de la opción es de 0.7162, y desea cubrir su posición. El inversionista comprará 0.7162 x 15 367.87 = 11 006.468 puntos IPC. Durante un periodo corto la opción tenderá a variar un 71.62% del precio de IPC y el beneficio o pérdida de la opción de compra se compensará con las caídas y aumentos del valor del índice. Al paso del tiempo, delta cambiará y la posición tendrá que ajustarse. Es decir, si después de 10 días el precio de delta aumenta a 0.72, tendrán que comprarse 0.0038 x 15 367.87 = 58.398 puntos IPC para cubrir la posición.

- **Análisis de sensibilidad con gamma**

Para el caso de gamma, si la volatilidad en todos los casos registra un beneficio, ya que cada uno de los coeficientes es positivo; con respecto al paso del tiempo en todo los casos se registrarán pérdidas.

En la tabla 2, donde se muestran los valores de gamma para cada opción se observa que los valores de cada uno son muy pequeños, prácticamente cero, lo cual indica, que delta está proporcionando protección contra los grandes movimientos del precio del subyacente.

En el caso de la primera call, si Γ=2.2 x 10^{-5}, Δ= 0.6952 y el precio del subyacente aumenta a $168 500 de $168 309.6; el precio de la call asciende $132.37 y delta cambiará de 0.6952 a 2.2 x 10^{-5} x 190.4 + 0.6952 = 0.6994.

La segunda call, en caso de un aumento en el subyacente de $153 678.7 a $155 000; con Γ=1.98 x 10^{-5}, Δ= 0.7162 y un aumento el precio del contrato de $94.75. Delta cambiará de 0.7162 a 1.98 x 10^{-5} x 1 321.3 + 0.7162 = 0.7188.

Para la primera put, en caso de cambiar el precio del subyacente de $158 418.4 a $160 000, con Γ=1.76 x 10^{-5}, Δ= -0.2839. Delta cambiará de –0.2839 a 1.76x10^{-5} x 1 581.6 - 0.2839 = -0.256.

Si el precio del subyacente de la segunda put cambiará de $172 441.9 a $175 000, teniendo Γ= 2.25x10^{-5}, Δ= -0.3311. Delta tendrá un cambio a 2.25 x 10^{-5} x 2 558.1 –0.3311 = - 0.2735.

- **Análisis de sensibilidad con theta**

Para el caso de theta se calculó el decaimiento de la opción por día; siendo mayor la pérdida para el caso de las call que para las put. Con respecto a los valores obtenidos en la razón theta se logra observar que dado que todos los valores son negativos al aumentar la volatilidad se podrá registrar un beneficio mientras que para el paso del tiempo, entre más cercana esté la fecha de vencimiento se registrarán pérdidas.

En el primer ejemplo de call, dado que su decaimiento por día es de \$51.209, si el precio de la opción al día de hoy es de \$10 677.005, mañana será de \$10 677.005 - \$ 51.209 = \$ 10 625.796.

Para la segunda call, que al día de hoy tiene un precio de \$11 809.399 y dado que su decaimiento por día es de \$43.22; el precio de la opción el día de mañana será de \$11 809.399 - \$43.22 = \$11 766.179.

El primer contrato put que tiene un precio de \$ 3 620.81 y su decaimiento por día es de \$7.72 por lo que el precio dentro de 5 días será \$ 3 620.81 – (5)(\$7.72) =\$ 3 582.21.

La segunda put, debido a que tiene un decaimiento diario de \$15.72 y el precio de la opción al día de hoy es de \$3 693.74; su precio dentro de 7 días será \$3 693.74 – (7)(\$15.72) = \$3 583.7

- **Análisis de sensibilidad con vega**

Para vega, se obtuvieron cantidades en pesos las cuales variaran directamente con el cambio de la volatilidad.

La primera call, tiene σ= 0.1783 en caso de que la volatilidad aumentara a 0.19; la prima de la opción que en este momento es de \$10 677.005 y Λ= 31 911.069; debido al aumento en la volatilidad de 0.0117 el precio de la call aumenta a \$31 911.069 x 0.0177 + \$10 677.005 = \$ 11 050.36. Por el contrario, si la tasa bajara a 0.16 entonces la prima tendría un valor de - \$31 911.069 x 0.0183 + \$10 677.005 = \$ 10 093.03

Si la volatilidad aumentara a 0.185, la segunda call, con σ= 0.1783, siendo la prima de \$ 11 809.4 y Λ= 32 591.464 aumentará a \$32 591.464 x 0.0067 + \$11 809.4 = \$12 027.76

En el caso de las put si la volatilidad bajara de σ= 0.1783 a 0.165; dado que los precios de las primas y vega son \$3 620.81, Λ= 36 526.68, para el primer caso y \$3 693.74, Λ= 32 732.293, para el segundo problema; entonces las primas cambiaran a -\$36 526.68 x 0.0133 + \$3 620.81 = \$ 3 135.005 para el primer contrato put y -\$32 732.293 x 0.0133 + \$3 693.74 = \$ 3 258.4 para el segundo contrato put.

- **Análisis de sensibilidad con rho**

En el caso de rho, se obtuvo la cantidad en pesos que variará directamente con la variación de la tasa libre de riesgo.

Para el caso de la primera opción call, se tiene que el precio de la prima es de $10 677.005 con un valor de ρ=31 171.266 y una tasa libre de riesgo r= 0.08452, si la tasa cambiará a 0.09 el precio de la opción se vería afectado de la siguiente manera: 31 171.266 x 0.00548 + $ 10 677.005 = $10 847.82

La segunda call, cuyo valor de prima es $11 809.399 con un valor de ρ=38 494.23 y r= 0.08508 si la tasa cambia a 0.088, la prima sería ahora de 38 494.23 x 0.00292 + $11 809.399= $11 921.8

En el caso de las put si la tasa subiera a 0.09 los nuevos precios de las primas serían: Para la primera put con un valor de la prima de $3 620.81 con un valor de ρ=-22 497.46 y r= 0.08672 se tendría -22 497.46 x 0.00328 + $3 620.81 = $3 547.02; la segunda put con un valor de $3 693.74, ρ= -16 655.96 y r= 0.08084 tendría un valor de -16 655.96 x 0.00916 + $3 693.74 = $3 542.17

CONCLUSIONES.

Las opciones son un buen instrumento financiero para cubrirse ante el riesgo de mercado o bien para obtener ganancias a partir de la especulación (en la inversión y las expectativas de los agentes económicos).

Dadas las características del mercado mexicano, el MexDer ha puesto a disposición del inversionista y desde 2004, el contrato de opción. Éste resulta de uso reciente en México y, por las mismas razones, poco utilizado. Sin embargo, por la experiencia de otros países al utilizarlo, se sabe que los resultados son positivos y por lo mismo es importante estudiarlo y conocer sus ventajas dentro y fuera de México.

En este trabajo se presentaron ejemplos que muestran lo importante que puede ser una opción para los inversionistas bajo ciertas circunstancias, de igual manera se mostraron algunos métodos para valuarlas y así encontrar la prima que habrá de pagarse al emitir el contrato; se describieron los métodos y sus ventajas.

A través de los ejercicios realizados con opciones sobre IPC, se pudo analizar parte de la situación en la que se encuentra el mercado de opciones en el país.

Luego de conocer los precios de las primas a través de la valuación de opciones con el método de Black y Scholes, se hizo el análisis de sensibilidad a través de las “griegas”, resultados con los cuales se resaltó la importancia de este análisis y los beneficios que trae consigo. Cumpliendo de esta manera con el objetivo principal de la tesis, que es el de resaltar la importancia de las opciones, su utilización y hacer un análisis de sensibilidad con contratos de opciones en México. A su vez, se describió la manera en la que opera el mercado mexicano con respecto a este contrato; dando a conocer la función del MexDer y Asigna.

Los resultados obtenidos confirman la bondad de las opciones como instrumento de cobertura o como instrumentos de inversión.

Entre los principales problemas que se presentaron al desarrollar este trabajo fueron: la falta de información enfocada al mercado mexicano, información incompleta, la restricción en acceso a diversas publicaciones por las que hay que pagar para poder leerlas, información enfocada a mercados muy específicos e información poco actualizada en diferentes fuentes de información. Así como también, libros que suelen ser ambiguos y, si no se tiene cuidado, que pueden causar confusión dada la traducción que se les da a determinados términos.

Las opciones como contratos financieros en México son de uso reciente, sin embargo ofrecen una alternativa a los problemas de inestabilidad del país, por lo que se espera un gran éxito del contrato como el que ha obtenido en otros países donde ha sido manejado por más tiempo. Por tal motivo resulta de gran importancia su estudio, conocimiento y utilización. Amerita también que gobierno e iniciativa privada fomenten su aplicación.

El contrato de opción es un tema que ha despertado el interés de los inversionistas y se ha convertido en objeto de diversos estudios, por lo que podrían analizarse más casos de opciones financieras en México; como es el caso del manejo de otros subyacentes, podría realizarse un análisis más detallado de la valuación de opciones en nuestro país y el método que utiliza el MexDer para determinar las primas del contrato, así como la manera de determinar la varianza, haciendo observaciones y proponiendo mejoras a ambos métodos. El estudio de la creación sintética de opciones, fue un tema que no se mencionó en esta tesis, sin embargo está estrechamente relacionado con la cobertura de opciones y podría formar parte de otros estudios. Para conocer mejor el funcionamiento de las opciones en el ámbito financiero podría aplicarse lo descrito en este trabajo a una situación de campo, es decir, analizar y observar de manera directa el uso que las empresas le dan a este contrato.

Por otra parte, las opciones no sólo son utilizadas como un instrumento financiero, su estudio las ha llevado al ámbito de evaluación de proyectos dando origen a las Opciones Reales, a través de las cuales se pueden analizar las diferentes alternativas que un proyecto tendrá antes de emprenderlo e incluso, una vez que se ha puesto en marcha; permitiendo al evaluador del proyecto, determinar el mejor y menos riesgoso curso de acción. Éstas tienen como base la teoría de las opciones financieras y son utilizadas en diferentes tipos de proyectos, como la industria del petróleo y productos naturales, tecnología, sector inmobiliario, sector eléctrico, etc.

BIBLIOGRAFÍA.

- ADELL, Ramón; ROMEO, Remedios, **OPCIONES Y FUTUROS FINANCIEROS**, Ediciones Pirámide, España 1996, pp. 182.

- COSTA, Luis; FONT, Monserrat, **NUEVOS INTRUMENTOS FINANCIEROS EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL**, Editorial ESIC, 2a. Edición, Madrid 1992, pp 531.

- DOMÍNGUEZ, Villanueva Janet, **VALUACIÓN DE OPCIONES ASIÁTICAS POR MEDIO DE METODO MONTE CARLO**, Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Física y Matemáticas, Director de Tesis: Lic. Víctor Hugo Ibarra Mercado, México 2004.

- EAKINS, Stanley, **FINANCE. INVESTMENTS, INSTITUTIONS, MANAGEMENT**, Adison Wesley, U.S.A.,1999.

- FERNÁNDEZ, Mauricio, **"VALUACIÓN Y COBERTURA DELTA, EMPLEANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO PARA EL CASO DE OPCIONES DE VENTA DE DÓLARES DEL BANCO DE MÉXICO"**, Gaceta Económica (Noviembre de 1998), Año 6, Num. 11, 200-235

- FOUGUE, PAPANICOLAU,SIRCAR, **DERIVATIVES IN FINANCIAL MARKETS WITH STOCHASTIC VOLATILITY,** 1st. publication, Ed. Cambridge University Press, U.S.A. 2001.

- GITMAN, Lawrence, **FUNDAMENTOS DE INVERSIÓN**, 5ª. Edición, Ed. Oxford University Press, México 1993, pp 168 y 171

- HULL, John, **INTRODUCCIÓN A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES**, 2ª. Edición, Ed. Prentice Hall, España 2001, pp. 484.

- HULL, John, **OPTIONS, FUTURES AND OTHER DERIVATIVES**, 3ª. Edición, Ed. Prentice Hall, U.S.A. , 1997.

- LAMOTHE, PEREZ, **OPCIONES FINANCIERAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURADOS**, 2a. Edición, Patrocinada por BBVA, Editorial Mc Graw Hill, España, 2003.

- LEVY, Haim, **INTRODUCTION TO INVESTMENTS**, University of Jerusalem , South Western College Publishing, An International Thompson Publishing Company, USA 1996.

- LUENBERGER, David, **INVESTMENT SCIENCE**, Oxford University Press, U.S.A. 1998.

- MELICHER, WELSHANS, NORTON Edgar, **FINANCE. INTRODUCTION TO INSTITUTION, INVESTMENT AND MANAGEMENT,** 9a. edición, South Western College Publishing an International Thompson publishing Company, USA 1997.

- ORTIZ, Edgar, **FINANZAS Y PRODUCTOS DERIVADOS, CONTRATOS ADELANTADOS FUTUROS, OPCIONES Y SWAPS**

- POITRAS, Geoffrey, **RISK MANAGEMENT, SPECULATION AND DERIVATIVE SECURITIES**, Academic Press an imprint of elsevier science, USA 2002, pp 601.

- ROSS, Stephen A., **FUNDAMENTOS DE FINANZAS CORPORATIVAS**, Editorial Mc Graw Hill, 5a. edición, México, 2000.

- SCHEID, Francis; DI CONSTANZO, Rosa, **MÉTODOS NUMÉRICOS**, 2ª. Edición, Ed. Mc Graw Hill, Serie Schaum, México, 1993. pp 671-681

- SCHANON, Robert, **SIMULACIÓN DE SISTEMAS, DISEÑOS, DESARROLLO E IMPLANTACIÓN**, Ed. Trillas, México, 1988, pp 78-84

- STAMPFLI, Joseph; GOODMAN, Víctor, **MATEMÁTICAS PARA LAS FINANZAS. MODELADO Y COBERTURA**, Ed. Thompson, México, 2002.

- VILLEGAS, Eduardo; ORTEGA, Rosa Maria, **SISTEMA FINANCIERO DE MÉXICO**, Ed. Mc Graw Hill, México, 2002.

- WINSTON, Wayne, **OPERATION RESEARCH. APLICATIONS AND ALGORITHMS**, 2nd. Edition, PWS-KENT Publishing Company, USA 1991.

- **PÁGINA BOLSA MEXICANA DE VALORES**
  www.bmv.com.mx

- **PÁGINA ASIGNA, COMPENSACIÓN Y LIQUIDACIÓN**
  www.asigna.com.mx

- **PÁGINA DE MEXDER (MERCADO MEXICANO DE DERIVADOS)**

http://www.mexder.com.mx
http://www.mexder.com.mx/inter/info/mexder/avisos/Opciones_Listado_e_inicio_de_Operaciones_22_de_marzo_2004.doc

- **SECCIÓN FINANCIERA YAHOO**
  http://mx.finance.yahoo.com