

**PROYECTO
VALORACIÓN DE LA PRIMA DE UNA OPCIÓN CALL O PUT DE UN FUTURO
DE BONO NOCIONAL COLOMBIANO DE MEDIANO PLAZO**

**ANDREA CAROLINA NAVARRO QUIJANO
SANDY TATIANA VELASCO JAIMES**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA FINANCIERA
BUCARAMANGA
2011**

**PROYECTO
VALORACIÓN DE LA PRIMA DE UNA OPCIÓN CALL O PUT DE UN FUTURO
DE BONO NOCIONAL COLOMBIANO DE MEDIANO PLAZO**

**INTEGRANTES
ANDREA CAROLINA NAVARRO QUIJANO U00038302
SANDY TATIANA VELASCO JAIMES U00038159**

**Asesores
ING. GLORIA INÉS MACÍAS VILLALBA
ING. EDGAR LUNA GONZÁLEZ**

**Evaluadores:
MARÍA EUGENIA SERRANO ACEVEDO
JAIME ÁNGEL RICO ARIAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA FINANCIERA
BUCARAMANGA
2011**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
1. CARACTERÍSTICAS DEL FUTURO DE BONO NOCIONAL COMO POSIBLE SUBYACENTE A UNA OPCIÓN CALL Ó PUT.	6
2. MÉTODOS APLICADOS INTERNACIONALMENTE, PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRIMA DE UNA OPCIÓN SOBRE UN FUTURO DEL BONO NOCIONAL.	24
2.1 MODELO BLACK-SCHOLES.	26
2.2 MODELO BINOMIAL	29
2.3 MODELOS DE VALORACION DE OPCIONES APLICADOS	31
3. VALORACION DE OPCIONES CALL Y PUT SOBRE EL FUTURO DEL BONO NOCIONAL COLOMBIANO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EXCEL.	34
CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	44

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA	45
ANEXO B. CD DESARROLLO LA HERRAMIENTA	46

INTRODUCCIÓN

El objetivo primordial de este trabajo de investigación es dar a conocer la importancia que tiene la utilización de los productos que se encuentran dentro del mercado de capitales y de los mercados que se nacen de él, la aplicación de estos productos en la vida real dentro de los mercados de derivados tanto a nivel nacional como internacional, la evolución y la creación de grandes métodos y teorías creadas que resaltan la importancia y la complejidad con la que cuentan cada uno de los temas a tratar.

Lo que se busca con este proyecto de investigación es indagar acerca de los métodos de valoración de opciones posibles a aplicar sobre un producto no existente en el mercado colombiano y del cual se considera que en un mediano plazo, posiblemente se llegará a crear, debido al crecimiento del mercado de capitales colombiano y también a la carencia de opciones que éste ofrece, lo que lo haría más atractivo para las personas interesadas en su negociación. En este trabajo se desarrollaran diferentes tópicos, partiendo inicialmente de una contextualización del mercado de derivados dentro del mercado de capitales, seguidamente se resaltarán dos de los productos negociados en este mercado, los cuales son de gran importancia para el desarrollo de la investigación. Con esta información y con los datos reales que brinda el mercado, se valorará la opción sobre el futuro de bono nacional a mediano plazo dentro del mercado de derivados colombiano. Igualmente se basará en los estudios realizados internacionalmente acerca de la valoración de las opciones financieras lo que permitirá hacer una idea general de cómo se podría estructurar un producto real direccionado a la economía de el país.

Otro punto del trabajo mostrará los diferentes tipos de valoración de opciones e ilustrará por medio de una herramienta creada en Excel, como se llegaría a la obtención del valor de la prima de la opción mencionada anteriormente, también demostrará de una forma dinámica como obtener estos resultados con los métodos más apropiados para su valoración.

1. CARACTERÍSTICAS DEL FUTURO DE BONO NOCIONAL COMO POSIBLE SUBYACENTE A UNA OPCIÓN CALL Ó PUT.

En las economías del mundo el sistema financiero está conformado por instituciones y mercados, los cuales son los encargados de movilizar recursos monetarios desde los ahorradores o inversionistas hacia las diferentes actividades productivas, por medio de la compra y venta de los títulos valores. La labor de intermediación es llevada a cabo por las instituciones, las cuales son las delegadas para la compra y venta de estos activos en el mercado. Es importante destacar que cada uno de los mercados que conforma el sistema financiero tiene una función específica para el buen funcionamiento de éste.

Entre estos, se encuentra el mercado de capitales, el cual permite el desarrollo de la economía en una sociedad por medio del ahorro y la inversión. Tanto las empresas como el estado, con el paso del tiempo buscan financiarse y adquirir préstamos acudiendo a títulos valores tales como los bonos, papeles comerciales y otros productos financieros con un riesgo implícito a corto, mediano y largo plazo.

El mercado de capitales es un conjunto cuya función es asignar y distribuir los recursos de capital, basándose en el riesgo, control e información asociada. El mercado de capitales está conformado por las bolsas de valores, bancos, compañías aseguradoras e inversionistas, quienes buscan obtener un beneficio ó retribución a futuro por el préstamo de sus activos, estas inversiones contribuyen al crecimiento de otras empresas y así mismo al de la economía, siendo este el objetivo principal del mercado de capitales.

Las características del mercado de valores son:

- Impulsa el crecimiento para los inversionistas.
- Ofrecer alternativas de inversión a diferentes plazos.
- Busca reducir el riesgo del mercado.
- Diversificar los portafolios.
- Maneja ciclos de liquidez e iliquidez.
- Acumula recursos de los ahorradores.
- Permite acceder a montos importantes de financiamiento.
- Se lleva un seguimiento de la información de las entidades participantes.

Los elementos que lo conforman son la emisión, suscripción, intermediación y negociación de los documentos emitidos en oferta pública que otorgan a sus dueños los derechos de crédito, participación y tradición o representativos de mercancías. Dentro de este mercado se cuenta con diferentes tipos de valores tales como:

- a) Las acciones
- b) Los bonos
- c) Los papeles comerciales
- d) Los certificados de depósito de mercancías
- e) Cualquier título o derecho resultante de un proceso de titularización
- f) Cualquier título representativo de capital de riesgo
- g) Los certificados de depósito a término
- h) Las aceptaciones bancarias
- i) Las cédulas hipotecarias
- j) Cualquier título de deuda pública

El mercado de capitales se divide según su estructura en:

- *Intermediado*, cuando la transferencia de los recursos de los ahorradores a las inversiones se realiza por medio de instituciones tales como bancos, corporaciones financieras y demás.
- *No Intermediado* (o de instrumentos) cuando la transferencia de los recursos se realiza directamente a través de instrumentos.

Igualmente encontramos dos tipos mercados, los cuales son:

- Mercado primario, es donde se realiza la primera colocación del título en el mercado por el inversor.
- Mercado Secundario, donde se realiza la transferencia de los activos ya colocados anteriormente en el mercado primario, de un tenedor a otro.

Dentro del mercado de capitales, se cuenta con diferentes instrumentos que son utilizados para que los inversionistas realicen sus operaciones financieras libremente, cada producto cuenta con unas características específicas y son seleccionados dependiendo de las necesidades de cada inversor sobre un activo subyacente. Al igual que en el mercado de capitales, el mercado de derivados que se encuentra inmerso en este, tiene una variedad de productos entre los que cabe destacar las opciones y los futuros, contratos que cuentan con un mayor volumen de negociación en comparación con los demás productos de este mercado. El manejo y las transacciones que se realizan con estos instrumentos se encaminan a la obtención y retribución de un beneficio económico.

A diferencia de los contratos a futuro, las opciones son básicamente un acuerdo entre dos partes en el cual una de ellas adquiere sobre la otra el derecho de comprarle o venderle una cantidad determinada de un activo subyacente a un precio predeterminado en un momento futuro o fecha preestablecida con una prestación y una contraprestación, al finalizar el tiempo de duración del contrato, el poseedor de la opción determinara si le es o no conveniente ejercer la opción.

Una opción tiene seis características fundamentales que la definen, siendo éstas:

- El tipo de opción (compra - call - o venta -- put -).
- El activo subyacente o de referencia.
- La cantidad de subyacente que permite comprar o vender el contrato de opción.
- La fecha de vencimiento.
- El precio de ejercicio de la opción.
- Volatilidades futuras. ¹

Como se sabe, las opciones se establecen en un activo subyacente específico sobre el cual se realiza el contrato determinando las características del activo y la cantidad a negociar. Algunos de estos activos son:

- Commodities: Son las materias primas objeto de negociación en mercados organizados algunas de ellas son: el trigo, azúcar, maíz, minerales, metales preciosos y el petróleo entre otros.
- Financieros: Entre los que se encuentra tipos de interés, divisas e índices bursátiles, pero adicionalmente se negocian opciones sobre acciones y opciones sobre contratos de futuros.
- Climáticos: Basados en el clima a futuro, son utilizados en países que cuentan con estaciones diferentes en el año.

Al momento de establecer que sea utilizará una opción para realizar una negociación, se debe entrar a determinar qué tipo de opción es la más conveniente. A un negociante solo le costará los requisitos de margen realizar estas operaciones, se debe tener en cuenta que específicamente las opciones de compra sí requieren de un pago anticipado.

Tipos de opciones:

- Contratos de opción de compra (Call)

Una opción de compra le da a su comprador el derecho de comprar un activo subyacente a un precio establecido en una fecha concreta, por el contrario el vendedor de la opción de compra tiene la obligación de vender el activo pactado en el caso de que el comprador ejerza el derecho de comprar. Se encuentran dos situaciones al momento de manejar las opciones de compra:

¹ Tomado de: Bolsa de Valores de Estados Unidos, Características de las opciones - <http://hernanaya.blogspot.com/2009/01/caractersticas-de-las-opciones.html>

- ✓ Comprar una opción de compra (Long Call): Con esta compra se tiene el derecho de comprar el activo subyacente a un bajo precio. En la negociación de las opciones de compra se cuenta con una ganancia ilimitada y con una pérdida máxima de la prima de la opción, lo conveniente en este caso para quien posee la opción es que el precio del activo subyacente en el mercado suba.
- ✓ Vender una opción de compra (Short Call): Al vender una opción de compra, el vendedor es quien recibe la prima y a cambio tiene la obligación de vender el activo subyacente al precio fijado. La ganancia máxima es limitada y la pérdida máxima es ilimitada, por lo tanto quien tiene esta posición espera que el precio del activo subyacente en el mercado spot baje. El vendedor de una opción de compra puede venderla sin haberla comprado previamente.

- Contratos de opción de venta (Put)

Una opción de venta da a su tenedor el derecho de vender un activo a un precio predeterminado hasta una fecha concreta. El vendedor de esta opción tiene la obligación de comprar el activo en el caso de que el poseedor de la opción decida ejercer el derecho a vender el activo. El comprador tendrá el derecho de vender el activo. Al igual que las opciones de compra se puede comprar y vender opciones de venta.

- ✓ Compra una opción de venta (Long Put): Con la compra de una opción de venta se adquiere el derecho de vender un activo subyacente al precio pactado. En esta posición se espera que el precio del activo subyacente baje y la pérdida máxima es la prima pagada por la opción, si se ejerce la opción la ganancia puede ser ilimitada.
- ✓ Vender una opción de venta (short Put): Quien vende una opción de venta tiene la obligación de comprar un activo por lo que cobra una prima, lo que será su ganancia en el caso en el que se ejerza la opción.

Dependiendo de cómo se pacte la negociación de estas opciones, se clasifican en:

- Las opciones europeas, que solamente pueden ser ejercidas en el vencimiento.
- Las opciones americanas, pueden ser ejercidas en cualquier momento hasta su vencimiento

Esta distinción no se basa precisamente en la ubicación geográfica.

La diferencia que existe entre derechos y obligaciones para las opciones, genera la existencia de la prima, que es el monto que abonará el comprador de la opción al vendedor de la misma. Este valor cotiza en el mercado y depende de factores como:

- Valor intrínseco.
- Valor temporal.
- Cotización del activo subyacente.
- Precio de ejercicio de la opción.
- Volatilidad.
- Tipo de interés de mercado monetario.
- Tiempo restante hasta el vencimiento.
- Dividendos (sólo para opciones sobre acciones).²

La prima de la opción es en básicamente el precio de la opción, formado por la oferta y la demanda del mercado. La prima siempre se encontrará afectada por diversos factores, que son conocidos por compradores y vendedores los cuales les ayudaran a determinar un precio acorde al momento de su negociación. La prima también puede ser calculada utilizando diversos modelos de valoración como el Black-Scholes y el Binomial.

Al comparar el precio de ejercicio y la cotización del activo subyacente en el mercado, se puede determinar la situación en la que se encuentra la opción y su conveniencia de ejercerla o dejarla expirar sin ejercer el derecho otorgado por la compra o venta de la opción. Las opciones se pueden encontrar:

- In the money: En este momento de la vida del contrato es cuando se obtiene un beneficio. Para una opción call si el precio de ejercicio es inferior a la cotización del subyacente, una opción put cuando el precio de ejercicio es superior a la cotización del subyacente.
- Out of the Money: Cuando se da la situación contraria a la descrita anteriormente, no se obtienen beneficios.
- At the Money: Sólo sucede cuando precio de ejercicio y precio del subyacente coinciden. En este momento se hace indiferente ya que no hay pérdida ni ganancia.

Como la todos los productos que se negocian en el mundo, se cuenta con un mercado específico en el que se encuentran la parte compradora como la vendedora, para así efectuar una negociación. En el caso de las opciones, estas pueden ser negociadas en dos tipos diferentes de mercados.

² Tomado de: Rankia, Estrategias con Opciones financieras (I) - <http://www.rankia.com/articulos/210075-estrategias-opciones-financieras-i>

- Mercado Organizado: Este mercado se caracteriza porque sus productos son estandarizados (en tipo de subyacente, cantidad monto, tipo de opción y fecha de vencimiento), se emiten y listan en una bolsa de derivados, no se presenta riesgo de crédito porque es asumido por la cámara de compensación, la relación entre el comprador y el vendedor se hace través de esta cámara, constantemente están regulados por entidades gubernamentales y entidades autorreguladoras.
- Mercado OTC (Over the counter): En él se realizan principalmente operaciones entre instituciones financieras o entre instituciones financieras y alguno de sus clientes corporativos. Sus productos no son estandarizados (las características de cada activo son fijados como un acuerdo), la relación entre comprador y vendedor es directa, el riesgo de crédito lo asume el comprador, no cuentan con un centro de negociación y no hay una regulación.

Dentro de los productos utilizados por los inversionistas para proteger sus inversiones son los futuros financieros, al igual que las opciones se encuentran dentro del mercado de derivados y a diferencia de ellas, en estos contratos se obliga a comprar o vender dependiendo de la posición adoptada por cada uno de sus negociadores. Con los contratos futuros tenemos la posibilidad de tomar posición en el mercado sin necesidad de tener o haber comprado previamente el activo que se negociará, la parte vendedora del contrato asume la obligación y no el derecho de entregar en la fecha de vencimiento el subyacente acordado previamente.

Los contratos de futuros, son contratos que se negocian dentro de un mercado organizado o bolsa de valores, en ellos se pacta la entrega o el recibo de una cantidad determinada de un bien ó título valor a un precio ya establecido en una fecha futura, en ellos hay la posibilidad de transferir el activo antes de la fecha fijada, son conocidos por su alto grado de liquidez y porque no cuenta con riesgo de incumplimiento, ya que tanto compradores como vendedores aportan garantías a la cámara de compensación. El precio de estos contratos se fija por su relación con el precio del activo subyacente en el mercado y solo una mínima parte de todos los contratos negociados son cumplidos en forma física.

Los contratos de Futuros se caracterizan específicamente por tener:

- Un activo subyacente
- Tamaño del contrato
- Fecha de vencimiento
- Forma de liquidar el contrato al vencimiento
- Están dentro del mercado organizado³

³ PDF: Derivados financieros, Capítulo II: Teoría de Productos Financieros Derivados. Páginas 14 a 16.

Para los contratos, el vencimiento puede ser por entrega o por diferencias, el tamaño y otras características principales del producto están estandarizadas por el medio en el que se negocian, la compra y venta se compensan al entrar comprando y salir vendiendo o entrar vendiendo y salir comprando.

En el caso de los futuros hay dos posiciones que pueden tomar en el momento de su negociación:

- Quien compra contratos de futuros: Adquiere una posición "larga", con la que tiene el derecho a recibir a la fecha de vencimiento el activo subyacente pactado en la negociación. El negociante de esta posición compra en el mercado hoy esperando que el precio del activo suba; a futuro vende y recupera el valor de lo invertido más un saldo adicional a favor.
- Quien vende contratos de futuros: Adopta una posición "corta", al llegar la fecha de vencimiento del contrato estará obligado a entregar el activo correspondiente, recibiendo a cambio la cantidad de dinero, pactada en la negociación del contrato de futuros. Quien toma esta posición vende hoy esperando que el precio del activo a futuro baje, para así recibir un saldo adicional en comparación a haber hecho la venta en el mercado spot.

En la actualidad se crean contratos futuros sobre casi todo, estos productos deben presentar volatilidad en su precio en periodos cortos de tiempo, y al igual que las opciones existen diferentes activos subyacentes los cuales se negocian con estos contratos.

- Futuros sobre commodities
- Futuros sobre instrumentos financieros
- Futuros climáticos

Para el caso de los contratos de tipo americano (que son la mayoría que se negocia en este mercado), no es necesario mantener la posición abierta hasta la fecha de vencimiento, la posición puede cerrarse con una operación contraria a la inicialmente efectuada. Por ejemplo cuando se tiene una posición larga, esta puede cerrarse sin esperar a la fecha de vencimiento simplemente vendiendo el contrato de comprador que se tiene; de forma inversa, quien tiene una posición corta puede cerrarla acudiendo al mercado y comprando contratos de futuros, para así cerrar posición.

Como se menciona anteriormente los futuros se negocian en mercados organizados, en ellos se encuentran contratos estandarizados en:

- Activo subyacente

- Tipo de activo
- Precio
- Fecha de vencimiento⁴

Los futuros se emiten y listan en un mercado en línea como la bolsa de valores. La cotización de los futuros en estos mercados se mueve de forma paralela a la de la cotización del activo subyacente, por lo que hay una estrecha relación entre el activo y el producto.

Al realizar operaciones con los contratos de futuros hay que tener en cuenta que en el momento de comprar o vender el contrato, hay que depositar una garantía para evitar perjuicios a la otra parte, tanto para el comprador como para el vendedor, en caso de que no se pueda cumplir el contrato (entregar el dinero o el activo) en la fecha de vencimiento.

Al conocer más a fondo sobre los contratos futuros y las opciones, se debe destacar puntos importantes los cuales muestra porque una opción es la mejor elección, Estos son:

El comprador de una opción, puede ejercer o no su derecho de comprar o vender, si es ejercido, queda automáticamente comprado o vendido al precio de ejercicio, lo cual convierte esta operación en una compra o venta de un contrato de futuro. Otro punto importante a destacar, es que para el tenedor de un contrato futuros, en caso de liquidar su posición, éste podrá cancelar su contrato de forma anticipada o simplemente esperar al vencimiento para realizar la operación pactada al inicio, lo cual también es viable para el comprador de la opción, con la diferencia de que éste no tendrá que cancelar su contrato por anticipado, puede simplemente vender la opción que compro o decidir si al final la ejerce o no.

Y por último, el comprador de una opción solo debe pagar por conceptos de la prima, mientras que en los contratos futuros, estos depósitos van por conceptos de márgenes o diferencias, lo que hace que en cuanto a cobertura que la adquisición de una opción resulte más económica y la final, una mejor alternativa. Uno de los papeles comerciales utilizados en los mercados del mundo, son los bonos, los cuales se identifican por ser certificados de deuda, por parte de quien los emite con una promesa de pago a futuro. En este documento se determinan el monto, el plazo, la moneda y pago de cupón si el bono cuenta con este.

En el momento en el que un inversionista compra un bono, le está prestando dinero a la entidad que lo emite, bien sea el gobierno, un agente del estado, una corporación, una compañía o una empresa. Este bono le pagará a su poseedor

⁴ Tomado de: Instituto superior de técnicas y prácticas bancarias, Contratos de futuros financieros estandarizados - <http://www.iberfinanzas.com/index.php/C/contratos-de-futuros-financieros-estandarizados.html>.

unos intereses durante la vida del bono, estos intereses pueden ser periódicos o acumulables antes de llegar a la maduración o vencimiento del mismo.

Los intereses que pagan los bonos pueden ser fijos o variables, estos están unidos a un índice como la DTF, LIBOR, etc. El periodo de tiempo para su pago también es diferente, pueden ser pagaderos mensualmente, trimestralmente, semestralmente o anualmente.⁵ Es importante destacar que los intereses en la gran mayoría de los países son pagados a su vencimiento, en Colombia se pueden pagar al vencimiento ó pagarlos anticipadamente; la diferencia entre una y otra es que en los bonos con intereses vencidos le van a entregar el capital más los intereses al final y en la el pago de intereses anticipados los intereses son pagados al principio.

La maduración de un bono es la fecha en la cual el capital prestado será pagado. Esta se encuentra en un rango entre un día a treinta años. Los rangos de maduración a menudo son:

1. Corto plazo: hasta los cinco años.
2. Plazo intermedio: desde los cinco años hasta los doce años.
3. Largo plazo: de doce años en adelante.

El precio que se paga por un bono se basa en un conjunto de variables, incluyendo tasas de interés, oferta y demanda, calidad del crédito, maduración e impuestos. Los bonos recién emitidos por lo general se negocian a un precio muy cerca de su precio al que salió al mercado. Los bonos en el mercado secundario fluctúan respecto a los cambios en las tasas de interés; se debe tener en cuenta que la relación entre precio y tasas de interés es inversa.

La mayoría de los bonos son negociados en el mercado OTC (sobre el mostrador) y en cada una de las bolsas del mundo. Entre estos están:

- Los bonos emitidos por el gobierno nacional, los bonos emitidos por las provincias o por municipios y por otros entes públicos.
- Los bonos emitidos por entidades financieras y los bonos corporativos (deuda privada).

Tipos de bonos que se encuentran en los mercados del mundo:

- Bonos a tasa fija: la tasa de interés está prefijada e igual para toda la vida del bono.

⁵ Tomado de: Ecolink.com.ar, Bonos - <http://www.econlink.com.ar/inversiones/bonos>

- Bonos con tasa variable (o tasa flotante): la tasa de interés que paga en cada cupón esta referenciada con una tasa de interés de referencia como la Libor o bonos indexados a un activo financiero.
- Bonos cupón cero: el capital se paga al vencimiento y no pagan intereses.
- Bonos con opciones incorporadas: Son bonos que incluyen opciones especiales como pueden ser:
 - Bonos rescatables: Con la opción para el emisor de solicitar la recompra del bono en una fecha y precios determinados.
 - Bonos con opción de venta: Incluye la opción para el inversor de vender el bono al emisor en una fecha y precios determinados.
 - Bonos canjeables: Estos bonos son un producto intermedio entre las acciones y los bonos. Cuenta con una en la renta fija y la otra si se desea en la renta variable.
 - Bonos convertibles: Es un bono más una opción que le permite al tenedor canjearlo por acciones de la empresa emisora en fecha y precio determinado.
- Bonos con garantías: son bonos que tienen algún tipo de garantía sobre el capital y/o intereses.
- Bonos corporativos: Son los bonos emitidos por las empresas.
- Bonos escriturales: Son aquellos bonos en los que no tienen láminas físicas, sino que existen sólo como registros de una entidad especializada, la que se encarga de los distintos pagos.
- El bono notional es un bono del estado, este es un bono que no existe realmente, cuenta con todas las características del bono (plazo, valor nominal, cupón). Normalmente es utilizado con contratos de futuro, cuando el contrato llega al vencimiento se hace una entrega física.

En el mercado internacional, bonos emitidos en una moneda determinada pero colocados fuera del país emisor.

- Los Eurobonos
- Bonos Samurái (emitido en yenes y colocado en Japón)
- Bonos Yanes (es un título de deuda en dólares colocado en USA)
- Bonos bolsa: Con estos bonos el inversor apuesta por la subida de la bolsa o de un sector concreto. Con estos bonos el inversor no puede perder dinero, su capital está garantizado; si la bolsa sube ganará, pero si baja no pierde el dinero. Esto se consigue con la combinación de la renta fija y los productos derivados.

- Bonos matador: Estos bonos los emiten organismos supranacionales o empresas multinacionales. Son bonos para el inversor extranjero
- Bonos Basura: Los bonos de baja calificación son formalmente denominados de alto rendimiento, su nivel de riesgo sobrepasa todos los límites de una inversión común y corriente. En contrapartida suelen tener un rendimiento elevado, por encima del promedio del mercado.⁶

Los riesgos a los que se encuentran asociados los bonos son:

- Riesgo de mercado: El precio del bono cambia por las variaciones en los tipos de interés del mercado.
- Riesgo de crédito: La posibilidad de que el emisor del bono no pueda responder a su deuda.

Es recomendable invertir en bonos, ya que se conoce su valor al final de la vida del bono, mucha gente invierte en ellos para mantener su capital, incrementarlo y recibir intereses. Todo lo anterior con el fin de obtener una ganancia e invertir su capital de forma personal en un futuro. Al momento de elegir un bono como instrumento de inversión se debe tener en cuenta: su maduración, pago de los intereses, contratos, calidad de crédito, la tasa de interés, el precio, las tasas tributarias entre otras. Todas estas variables le ayudan al inversionista a determinar el tipo de bono más conveniente para su inversión y que a su vez llene sus expectativas.

Otro bono utilizado en el mercado de capitales es el Bono cheapest to deliver, este es el bono más barato para la entrega en el contrato de futuros sobre bonos la bolsa de cada país.

Durante el período de entrega hay muchos bonos que se pueden entregar, cada uno de ellos con diferentes pagos de cupón y fecha de vencimiento, en este momento la parte con la posición corta puede decidir cuál de todos los bonos disponibles es el más barato (cheapest) de entrega, este bono será el que la parte con la posición larga reciba.

Precio de liquidación más reciente x factor de conversión + interés acumulado

- El costo de comprar este bono es:
Precio de cotización del bono + interés acumulado
- El cheapest es aquel cuyo:
Prc de cotización del bono – (Prc de liquidación más reciente * factor de conversión)

⁶ Tomado de: Muchapasta.com, Tipos de Bonos -
<http://www.muchapasta.com/b/var/Tipos%20de%20bonos.php>

El cálculo del factor de conversión para cada título de la canasta, se hace tomando el precio limpio de cada título valorado al último día de negociaciones del contrato dividido entre cien. El cálculo se realiza a partir del flujo de caja de cada uno de los títulos de la canasta, usando la tasa de rendimiento del Bono Ncional en la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n \frac{F i}{(1+i)^{\frac{t}{365}}} - IC$$

Donde:

FC: Factor de Conversión de cada título de la canasta

Fi: Flujo de caja de cada título de la canasta.

IC: Intereses hasta el último día de negociación del contrato.

t: Número de días entre la fecha de vencimiento del contrato y el flujo de caja i.

r: Tasa cupón del Bono Ncional⁷

A continuación se plantea un ejemplo, en el que se muestra cómo se hace la elección del bono cheapest:

En este caso se asume que el precio de liquidación del bono más reciente es de 95-20 que equivale a 95,625. Para este caso se cuenta con 4 bonos diferentes, cada uno con su respectivo precio de cotización y factor de conversión.

Bono	Precio de cotización del bono	Factor de conversión
1	99,88	1,0382
2	122,54	1,2243
3	158,90	1,6501
4	122,30	1,2615

Costo de entrega de cada uno de estos bonos:

Bono 1: 99,88 - (95,625 x 1,0382) = 0,6021

Bono 2: 122,54 - (95,625 x 1,2243) = 5,4663

Bono 3: 158,90 - (95,625 x 1,6501) = 1,1092

Bono 4: 122,30 - (95,625 x 1,2615) = 1,6691

Con estos resultados se puede determinar que el bono más barato para su entrega es el bono 1.

Ahora partiendo del mercado colombiano y de la canasta de Tes de mediano plazo se determinara cual de los dos bonos negociados actualmente en el mercado es el

⁷ Jhon Hull, Introducción a los mercados de futuros y opciones: Futuros sobre tasa de interés, Página 131 y 132, Sexta edición, Editorial Pearson Prentice hall.

bono cheapest. Para plantear este ejemplo aplicado al mercado colombiano, se asumirá que el precio de liquidación de un bono es 120. El precio de cotización y el factor de conversión de los dos Tes son obtenidos de la Bolsa de Valores de Colombia (Futuro Tes mediano plazo) de la canasta entregable de Tes.

Tes mediano plazo	Precio de cotización del bono	Factor de conversión
TFIT06140514	115,557	0,957337
TFIT07150616	106,386	0,860027

$$\text{TFIT06140514: } 115,557 - (120 \times 0,957337) = 0,67656$$

$$\text{TFIT07150616: } 106,386 - (120 \times 0,860027) = 3,18276$$

Entre los dos Tes de mediano plazo se encuentra que el Tes con vencimiento en el años 2014 en estos momentos es el Tes más barato para su entrega. Con este ejemplo se puede deducir que al igual que los bonos, los Tes del mercado colombiano pueden ser utilizados en una canasta en la cual se eligiera cual de los Tes es el más apto para la entrega.

Los TES son títulos de deuda pública emitidos por el gobierno en especial por la tesorería general de la nación, para el financiamiento de sus actividades, se paga a su tenedor el capital invertido más unos intereses pactados para su fecha de vencimiento, estos pueden ser vendidos con un descuento antes de su vencimiento. Este tipo de inversión es conocida como una inversión de renta fija, el gobierno al emitirlos plantea unas condiciones financieras para los mismos. Son negociados libremente en el mercado secundario y su rendimiento es determinado por el gobierno con la tasa del mercado al momento de su emisión. Al momento de que se decida realizar una inversión en TES se debe acudir a un intermediario de valores ó por medio de la vinculación a una cartera colectiva.

Hay diferentes tipos de TES, cada uno de ellos con diferentes características con respecto a su plazo, nombre (UVR, TRM, IPC) y rentabilidad entre otros. El gobierno creó dos tipos de TES:

- TES Clase A, utilizados para cubrir el pasivo existente del banco de la república y para sustituir a su vencimiento la deuda contraída en Operaciones de Mercado Abierto.
- TES Clase B, utilizados para la financiación de la Nación y para sustituir a su vencimiento a los Títulos de Ahorro Nacional (TAN) y para emitir nuevos títulos para reponer los que se deterioren sin exceder los montos de emisión autorizados. Existen dos tipos de TES:
 - Tes clase B tasa fija, con un plazo de 1 a 10 años.

- Tes clase B tasa variable, plazo de 5 a 10 años.⁸

Estos títulos son apropiados para las personas que buscan seguridad por parte del emisor, ya que están respaldados por el gobierno, cuentan con una calificación AAA, lo que los hace fáciles de negociar en el mercado secundario. En general, busca incentivar el ahorro interno a largo plazo brindando rentabilidad, seguridad y liquidez a quien lo posee.

Para lograr una mejor administración del riesgo generado por la volatilidad de los mercados, con el paso del tiempo se desarrollaron diferentes productos que cubren el riesgo asociado a las transacciones que se realizan diariamente, con esta solución se logra una mejor asignación de los recursos monetarios y la obtención de mayores beneficios; estos instrumentos recibieron el nombre de derivados financieros. La tendencia del uso de los derivados internacionalmente, se ha visto intervenida por la utilización y la trayectoria de estos productos. Aunque en Colombia la utilización de estos instrumentos no es tan líquida este mercado ha venido ganándose un lugar como una nueva herramienta en la administración del riesgo. La dinámica del mercado ha registrado en los últimos años una tendencia similar a la que se observa en el plano internacional, el mercado está concentrado en los contratos de tipo cambiario y especialmente en los forward, ya que estos son contratos hechos a la medida de sus usuarios.

La superintendencia financiera ha expedido un conjunto de normas para que este mercado tenga herramientas adecuadas en cuanto al manejo del riesgo que se asocia a las operaciones con productos derivados. Cabe destacar que los swaps y las opciones no cuentan con un marco regulatorio legal en cuanto su funcionamiento en el mercado, la administración del riesgo, la valoración y contabilización, por lo tanto su funcionamiento y el tipo de valoración es libre de elección.

El primer futuro en negociarse en la Bolsa de Valores de Colombia, fue el futuro de TES, éste tiene como subyacente una canasta de TES Clase B renta fija, los cuales serán recibidos o entregados al momento del vencimiento del futuro del subyacente. Existen tres clases de Futuros de Tes:

En el año 2011 se negocian los siguientes futuros de la canasta de bonos entregables y su factor de conversión.⁹

- ***Futuros TES de Corto Plazo***

⁸ Tomado de: Monografias, La deuda pública colombiana - <http://www.monografias.com/trabajos22/deuda-publica/deuda-publica.shtml#tes>

⁹ Tomado de: Bolsa de valores de Colombia, Mercado de derivados - <http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/enlinea/derivados>

Nombre: Contrato TESU11F
Nominal: COP 250.000.000,00
Fecha de Vencimiento: 2 de Septiembre del 2011

Nemotécnico	Factor de Conversión
TFIT04150812	0.993025
TFIT04170413	0.941612

Tomado de BVC.

- ***Futuros TES de Mediano Plazo***

Nombre: Contrato TEMU11F
Nominal: COP 250.000.000,00
Fecha de Vencimiento: 2 de Septiembre del 2011

Nemotécnico	Factor de Conversión
TFIT06140514	0.959631
TFIT07150616	0.864846

Tomado de BVC.

- ***Futuros TES de Largo Plazo***

Nombre: Contrato TELU11F
Nominal: COP 250.000.000,00
Fecha de Vencimiento: 2 de Septiembre del 2011

Nemotécnico	Factor de Conversión
TFIT15240720	1.184962
TFIT16240724	1.156349

Tomado de BVC.

- El día del vencimiento para cada contrato Futuro de TESS, TESSM, TESL es el primer viernes del mes establecido para el vencimiento del contrato. En caso de no ser un día hábil, será el inmediatamente siguiente.
- El ultimo día de negociación para un contrato de Futuro TESS, TESSM, TESL es el miércoles de la semana en la que se vence el contrato, si su vencimiento es en un día no hábil, entonces se negociara el día hábil anterior.

El bono nocional colombiano, se deriva de una canasta de TES clase B con una tasa fija, que es emitido a la par el día de vencimiento de cada contrato. La tasa es fija y corresponde a cada uno de los activos que serán entregados o recibidos

llegada la fecha de vencimiento. En esta canasta encontramos TES de corto, mediano y largo plazo.

- Futuro Tes de corto plazo:

Titulo TESB tasa fija en pesos
Madurez 2 años
Periodicidad cupón Anual

Los vencimientos de los Futuros de TESS son trimestrales, dentro del ciclo de marzo (marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año). En el Sistema estarán listados los dos contratos con vencimiento más cercano de acuerdo con este ciclo, así como los Contratos de *Time Spread* asociados a estos vencimientos.

Los Contratos de Futuro de TESS tendrán un *tick* de precio y de cotización de 0,005 unidades de precio, fluctuación equivalente a doce mil quinientos pesos colombianos (COP 12.500).

La liquidación se realizará por entrega física del activo subyacente el día de vencimiento del Contrato y la cual estará sujeta al procedimiento que establezca la Cámara en su reglamentación.

El último día de negociación para cada Contrato de Futuro de TESS es el miércoles de la primera semana del mes de vencimiento del Contrato. Cuando el miércoles de la primera semana corresponda a un día no hábil, se negociará hasta el día hábil anterior.

El día de vencimiento para cada Contrato de Futuro de TESS es el primer viernes del mes de vencimiento del Contrato. Cuando el primer viernes del mes del vencimiento del Contrato corresponda a un día no hábil, el día del vencimiento corresponderá al día hábil siguiente.

- Futuro Tes de mediano plazo

Títulos TESB tasa fija en pesos
Madurez 4 años
Periodicidad cupón Anual

La cantidad máxima de contratos al ingreso de una orden sobre el Futuro de TESM deberá ser de cien contratos.

El último día de negociación para cada Contrato de Futuro de TESM es el miércoles de la semana del vencimiento del Contrato. Cuando el miércoles de la

semana del vencimiento del Contrato corresponda a un día no hábil, se negociará hasta el día hábil anterior.

El día de vencimiento para cada Contrato de Futuro de TESM es el primer viernes del mes de vencimiento del Contrato. Cuando el primer viernes del mes del vencimiento Página 5 de 5 del Contrato corresponda a un día no hábil, el día del vencimiento corresponderá al día hábil siguiente.

- Futuro Tes de largo plazo

Titulo TESB tasa fija en pesos
Madurez 10 años
Periodicidad cupón Anual

Los vencimientos de los Futuros de TESL son trimestrales, dentro del ciclo de marzo (marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año). Los Contratos de Futuro de TESL tendrán un *tick* de precio y de cotización de 0,005 unidades de precio, fluctuación equivalente a doce mil quinientos pesos colombianos (COP 12.500).

La liquidación de las Operaciones sobre Contratos de Futuros de TESL se realizará por entrega física del activo subyacente el día de vencimiento del Contrato y la cual estará sujeta al procedimiento que establezca la Cámara en su reglamentación.

El último día de negociación para cada Contrato de Futuro de TESL es el miércoles de la primera semana del mes de vencimiento del Contrato. Cuando el miércoles de la primera semana corresponda a un día no hábil, se negociará hasta el día hábil anterior.

El día de vencimiento para cada Contrato de Futuro de TESL es el jueves de la primera semana del mes de vencimiento del Contrato. Cuando el jueves de la primera semana corresponda a un día no hábil, el día del vencimiento corresponderá al día hábil siguiente.

La cantidad máxima de Contratos al ingreso de una Orden sobre el Futuro de TESL deberá ser de cien contratos. Por lo tanto, los filtros o reglas respecto de los operadores de cada Miembro deberán cumplir con este parámetro. Los Miembros sólo podrán solicitar el registro de Operaciones sobre Contratos de Futuros de TESL por una cantidad mínima de cuatrocientos contratos por operación.

Los parámetros establecidos por la bolsa de valores para los Tes de largo plazo son:

- Cantidad mínima 4
- Amplitud máxima 0.500
- Tiempo de obligación 30 segundos
- Seguimiento de la obligación 30 segundos

Todos estos instrumentos están respaldados por una canasta de títulos TES clase B a tasa fija en pesos, con los cuales se relaciona a través de un “factor de conversión”. El valor del cupón, los títulos que conforman la canasta así y el factor de conversión que los relaciona, serán informados en el mercado previamente a la inscripción de cada Contrato mediante Boletín Informativo.

La Bolsa calculará un factor de conversión para cada título de la canasta, el cual corresponde al precio limpio de cada título valorado al último día de negociación del contrato dividido entre cien. Este cálculo se realiza a partir del flujo de caja de cada uno de los títulos de la canasta, empleando la tasa de rendimiento del Bono Nacional.

Al vencimiento, los tenedores de los Contratos que tienen una posición de venta podrán decidir e informar a la Cámara el o los títulos de la canasta con los que cumplirán su obligación para que ésta entregue a los tenedores de los contratos que tienen una posición de compra. Lo anterior deberá sujetarse a las condiciones o procedimientos que defina la Cámara en su reglamentación.

Cada Contrato de Futuro de TESS tiene un valor nominal de doscientos cincuenta millones de pesos colombianos (COP 250.000.000). El Contrato de Futuro de TESS se negociará por precio.

La Bolsa de Valores de Colombia en conjunto con la Cámara de Riesgo Central de Contraparte podrá en virtud de su función de protección del mercado, modificar temporalmente estos niveles de operación y registro comunicándolo a través de boletín informativo. La modificación temporal no podrá estar vigente por un periodo superior a un mes.

Es evidente que hay un gran camino en cuanto a la utilización de estos instrumentos en la cobertura de riesgo, también que hay que cambiar la percepción que tiene los inversionistas sobre los mismos. Cualquier persona puede entrar a negociar derivados, no son solo productos que utilizan las entidades financieras, estos pueden ser aplicados a los diferentes sectores de la economía ayudando a su crecimiento. Día a día este mercado será más exigente, que necesitará contar con productos nuevos y más desarrollados en cuanto a su manejo y precio.

2. MÉTODOS APLICADOS INTERNACIONALMENTE, PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRIMA DE UNA OPCIÓN SOBRE UN FUTURO DEL BONO NOCIONAL.

Como se mencionó anteriormente un derivado financiero es un contrato, cuyo valor se deriva del precio de otro activo, una tasa de referencia o un índice, tales como una acción, una divisa o productos físicos. En todos los casos el activo del cual se deriva el precio, es llamado activo subyacente. Aunque actualmente se utiliza en el mundo una gran cantidad de derivados financieros y múltiples combinaciones entre ellos, los derivados básicos, y más conocidos, siguen siendo las opciones, los forwards, los futuros y los swaps.

Los derivados financieros han sido utilizados con diversos objetivos, pero, dependiendo de la intención que se tenga al utilizarlos, los agentes u operadores que intervienen en su uso siempre se pueden encontrar dentro alguna de las siguientes categorías: cobertura, especulación o arbitraje.

Los orígenes de los modelos para la valoración de derivados financieros se encuentran en la ecuación de difusión, cuyo autor fue Joseph Fourier quien aspirando al premio anual de la Academia de Ciencias, había presentado el primer trabajo relativo al tema de la conducción del calor. Ilustres matemáticos puros de la época, manifestaron sus reservas sobre el rigor lógico de algunas de sus deducciones, ya que por su condición de físico-matemático, los procedimientos de Fourier eran más empíricos que lógico-deductivos.

En 1827 el botánico inglés Robert Brown, analizó el movimiento de partículas de polen en el agua, y lo asoció a las teorías vitalistas de la vida, argumentando que ese movimiento era propio de la materia viviente, y relacionado con los mecanismos de la reproducción. Sin embargo, en sus trabajos finales, concluye que el movimiento errático observado era de naturaleza mecánica y no dependía del carácter orgánico ni inorgánico de los objetos considerados. Años después, en 1905, Albert Einstein construyó un modelo matemático para explicar ese fenómeno, y lo denominó "movimiento Browniano" en honor a su descubridor.

Las hipótesis básicas de ese modelo de Einstein eran que el desplazamiento de la partícula entre dos instantes es independiente de las posiciones anteriores que haya tenido, y que la ley de probabilidad que rige el movimiento de la partícula sólo depende de distancia temporal. Con estas hipótesis, Einstein llegó a demostrar que la función de distribución f de la posición de la partícula tenía que verificar la siguiente ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = D \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$

Donde:

x = Variable espacial

t = Variable temporal

D = Constante adecuada

Esta ecuación, se constituyó posteriormente en una de las vías a través de las cuales, haciendo algunos cambios de variables, se encuentran soluciones a la Ecuación de Black-Scholes.

El 29 de marzo de 1900, Louis Bachelier defendió exitosamente en la Universidad de la Sorbona su tesis "Theorie of the Spéculation", en ella proponía un movimiento Browniano como modelo asociado a los precios de las acciones. Lo que buscaba Bachelier en su modelo era determinar el valor de opciones accionarias, y aunque fue un inicio para la valoración, la fórmula que dedujo estaba basada en supuestos no realistas, ya que asumía la inexistencia de tasas de interés y utilizaba un proceso estocástico como el movimiento browniano que permitía que los precios de las acciones tomaran valores negativos. Posiblemente ésta fue una razón que no permitió desarrollar el modelo propuesto por el.

Posteriormente, autores como Paul Samuelson y James Boness, se ocuparon en resolver algunos de los inconvenientes del modelo de Bachelier, asumiendo la existencia de tasas de interés y una distribución de probabilidad más realista para los precios de las acciones; además tuvieron en cuenta que los inversores son adversos al riesgo, y que posiblemente estén dispuestos a asumirlo, a cambio de alguna retribución económica .

En particular, en 1960, el economista norteamericano Samuelson propuso el movimiento browniano geométrico como modelo para los precios que están sujetos a incertidumbre, (como todos los activos subyacentes negociados en el mercado). En 1964, Boness sugirió una fórmula más cercana a la de Black-Scholes, pero que todavía contaba con una tasa de interés desconocida, a lo que Boness incluía como una compensación por el riesgo asociado con el valor de la acción.

Para el modelo de Black-Scholes, el movimiento Browniano geométrico es el modelo básico asociado a los movimientos de los precios del mercado. Pero además estos autores tuvieron en cuenta, y esto fue determinante, que el movimiento Browniano está asociado con la teoría matemática avanzada del cálculo estocástico o cálculo de Ito, que considera aspectos análogos a los del cálculo clásico.

En 1973 Fisher Black y Myron Scholes contribuyeron de manera decisiva al desarrollo de la economía financiera al establecer las bases de la valoración de opciones financieras europeas. Este es el aporte más importante, en los últimos

años, en el campo de la teoría y práctica financiera. En la actualidad, el uso de esta fórmula está muy extendido entre los participantes de los mercados financieros, habiendo constituido, además, una herramienta fundamental en el desarrollo de los mercados de opciones.

Modelo de valoración de derivados financieros publicado en el Journal of Political Economy de mayo/junio de 1973, conocido en el ámbito financiero como el modelo de Black-Scholes y aceptado desde entonces, como uno de los modelos matemáticos más influyentes en grandes decisiones financieras a nivel mundial.

Dada su importancia, se ha utilizado extensivamente sus resultados en diversas áreas, a saber:

- Cálculo de sensibilidades o griegas.
- Estrategias con opciones: perfil de beneficios y sensibilidades.
- Opciones reales.¹⁰

2.1 MODELO BLACK-SCHOLES.

Supongamos que el valor del activo se toma como activo subyacente, es S y satisface la siguiente ecuación diferencial estocástica:

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

Donde

μ = Tasa promedio de rendimiento

t = Tiempo

σ = Volatilidad

dx = Proceso de Wiener que satisface una distribución normal $N(0, \sqrt{dt})$.

La igualdad planteada se conoce como movimiento browniano geométrico. El valor de una opción sobre aquel activo subyacente, lo denotaremos por $V = V(S,t)$, y es una función del valor de ese activo S , y del tiempo t .

Usando el lema de Itô (fórmula del cálculo estocástico) se tiene que:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} dS + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} (dS)^2 = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt + \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} dX$$

En este caso, igual que en el caso discreto, se puede valorar el precio de la opción comparando con un portafolio apropiado, que elimine la aleatoriedad del

¹⁰ PDF: Posibilidad para la implementación de un mercado de opciones sobre commodities en Colombia, Página 15 y 16

movimiento browniano. Como S y V están correlacionados, esto se puede hacer si se construye un portafolio, el cual consiste de una opción y un número $-\frac{\partial V}{\partial S}$ de activos. El valor de este portafolio estará dado por:

$$\Pi = V - \frac{\partial V}{\partial S} S.$$

Por lo tanto el cambio del valor del portafolio será:

$$d\Pi = dV - \frac{\partial V}{\partial S} dS$$

Que combinado con las expresiones dadas para dS y dV se convierte en:

$$d\Pi = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt,$$

Además la ganancia de invertir Π a una tasa sin riesgo r , durante un intervalo de tiempo dt , sería $r\Pi dt$. Entonces se asume que no existe oportunidad de arbitraje y que no hay costos de transacción, se tendrá que,

$$r\Pi dt = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt.$$

Se sustituye $\Pi = V - \frac{\partial V}{\partial S} S$ en la expresión anterior y dividiendo por t se obtiene la ecuación diferencial de Black-Scholes:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0.$$

El valor de cualquier derivado financiero debe satisfacer esta ecuación básica.

Como la mayoría de las ecuaciones diferenciales, la ecuación de B-S tiene muchas soluciones, que dependen de las condiciones iniciales y que corresponden a la multitud de posibles instrumentos derivados financieros. En muchos casos prácticos, los procedimientos no permiten una solución analítica, y se hace necesario recurrir a métodos numéricos.

Tanto para las opciones call ó put se aplicarán estas dos ecuaciones las que indicarán cual es el valor de la prima. Como en un caso específico al analizar la

opción sobre un futuro financiero, el valor del futuro será tomado como el precio spot correspondiente al activo subyacente a manejar sobre la opción, el tiempo será la diferencia de las fechas entre la valoración y la fecha actual y la volatilidad será encontrada partiendo de los precios históricos del futuro para poder hacer una valoración por este método se sigue una distribución normal, lo que nos dará los valores de d_1 y d_2 tanto positivos como los negativos.

$$c = e^{-r(T-t)} (FN(d_1) - XN(d_2))$$

$$p = XN(-d_2) - e^{-r(T-t)} (FN(-d_1))$$

Esta es la llamada fórmula de *Black Scholes*. En ella $N(x)$ es el valor de la función de probabilidad acumulada de una distribución normal estándar, es decir:

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

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

De acuerdo con la fórmula, el valor de la opción de Call puede ser explicada por la diferencia entre el precio esperado del activo y si la opción es o no ejercida.¹¹

El valor de la opción es mayor cuanto más alto sea el precio presente de la acción S ; cuanto más alta sea la volatilidad del precio de la acción medida por la desviación estándar σ ; cuanto más alta sea la tasa de interés libre de riesgo r ; cuanto más largo sea el tiempo hasta la madurez T , y cuanto más bajo sea el precio de ejercicio E , ya que con esto se aumenta la probabilidad de que la opción sea ejercida. En la ecuación todos los parámetros son observables, excepto la volatilidad, ésta debe estimarse a partir de datos históricos del mercado.¹²

Con el paso de los años y de la utilización de este modelo se encontró que su ventaja principal es que permite calcular un gran número de precios para las opciones en un corto periodo de tiempo.

¹¹ Black, F. – Sholes, M. (1973), The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81: 637-654

¹² Jhon Hull, Introducción a los mercados de futuros y opciones: Opciones sobre futuros, Página 319 a 321, Sexta edición, Editorial Pearson Prentice hall.

2.2 MODELO BINOMIAL

Este modelo fue propuesto por Cox , Ross y Rubinstein en 1979. Básicamente, es un modelo de precios variables en el tiempo del subyacente. Este tipo de modelo de valoración no tiene soluciones de forma cerrada.¹³

La valoración de opciones por medio de este modelo utiliza una gran variedad de condiciones que otros modelos no se pueden aplicar fácilmente. Esto se debe en gran parte a que el modelo binomial se basa en la descripción de un instrumento subyacente durante un periodo de tiempo. Como consecuencia de esto, es utilizado para valorar opciones americanas que pueden ser ejercidas en cualquier momento previo a su vencimiento.

Este modelo es más exacto, especialmente para la fecha de opciones y con los activos que cuentan con pago de dividendos. Por estas razones, diferentes versiones del modelo binomial son ampliamente utilizados por los profesionales en los mercados de opciones.

La valoración de opciones por medio de este modelo se hace con una red binomial (árbol), para una serie de medidas de tiempo que básicamente es entre la fecha de valoración y la fecha de vencimiento. Cada uno de los nodos de esta red indica un precio posible en tiempo y con unas condiciones determinadas. La valoración se hace de forma repetitiva, iniciando en cada uno de los nodos finales (los del momento del vencimiento), y después se trabaja hacia atrás por medio del árbol hasta llegar al primer nodo que es la fecha en la que se está valorando la opción, los valores calculados en cada nodo equivalen al valor de la opción en ese momento. El árbol representa a todos los posibles caminos que el precio de las acciones podría tomar durante la vida de la opción.¹⁴

La valoración de opciones con este método se puede plantear en un proceso de tres pasos:

1. Generación del árbol.
2. Cálculo del valor de la opción en cada nodo final,
3. Cálculo del valor de la opción en cada nodo anterior, hasta llegar al inicial.

En el árbol de precios cada paso, del instrumento subyacente moverá hacia arriba o hacia abajo por un factor específico (u o d) por el paso del árbol (donde $\mu \geq 1$ y

¹³ Prosper Lamote, Opciones financieras y productos estructurados, Valoración de las opciones, Página 100, Segunda edición, Editorial Mc Graw Hill

¹⁴ Prosper Lamote, Opciones financieras y productos estructurados, Valoración de las opciones, Página 101 a 106, Segunda edición, Editorial Mc Graw Hill

$0 < d \leq 1$). Por lo tanto, si S es el precio actual del activo, a continuación, en el siguiente período el precio será $S_{up} = S \times u$ ó $S_{down} = S \times d$.

Los factores se calculan utilizando la base de volatilidad σ y la duración de un paso al otro (Δt) t , con lo que se determina que la variación del precio es $\sigma^2 t$, tenemos:

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

Actualmente hay otras técnicas utilizadas para la generación del árbol, tales como las probabilidades de igualdad y el árbol de trinomios. Estos métodos aseguran que el árbol es producto de una combinación, si el activo subyacente se mueve hacia arriba y luego hacia abajo (u, d), el precio será el mismo que si se había movido hacia abajo y luego hacia arriba (d, u) los dos caminos se fusionan o se combinan para así obtener al final el mismo resultado.

Este modelo permite valorar diferentes tipos de activos subyacentes a las opciones como la valoración de un futuro el cual independientemente a las opciones es otro producto del mercado de derivados. Al estructurar una nueva opción basada en un futuro encontramos que el proceso para su valoración es el mismo solo que en este caso se debe tener en cuenta que el precio spot del activo subyacente se tomará como el spot registrado por el futuro, en éste caso el futuro de bono nocional, el tiempo se tomará por periodos y la volatilidad será calculada por medio de la desviación estándar de los datos históricos que registre el activo subyacente. Tanto para las opciones call ó put se tendrán en cuenta estas consideraciones, lo que permitirá calcular con mayor exactitud el valor de la opción.

La ventaja que tiene el modelo binomial sobre el modelo Black Scholes es que puede ser utilizado para calcular el precio de las opciones americanas con mayor exactitud. Esto se debe a que con el modelo binomial es posible comprobar en cada punto del árbol la posibilidad de ejercer por anticipado la opción. Cuando en un punto se encuentra que se puede ejercer la opción anticipadamente, el tenedor de la opción optar por el ejercicio, el precio de la opción se puede ajustar para igualar el valor intrínseco en ese punto. La principal limitación de este modelo, es que cuenta con un extenso procedimiento para llegar a su solución.

2.3 APLICACION DE LOS MODELOS DE VALORACION DE OPCIONES

En los años 70 los modelos de valoración de opciones fueron la solución a un problema que se encontraban con el manejo de distintos productos financieros, pero este modelo constituyó no solo la creación de algo nuevo sino también un importante logro científico para la época. La principal contribución de Black y Scholes se asocia a la importancia teórica y práctica de su método de análisis, presente en la solución de muchos otros problemas económicos, lo que les otorgo un premio nobel de economía en el año 1997.

El método años después fue aplicado en otras áreas de la economía, como crecimiento económico para contextos inciertos, también produjo un impresionante auge de nuevos instrumentos financieros y facilitó más el manejo eficiente del riesgo, tanto para quienes lo manejan como para los que están adversos al mismo. El modelo de Black-Scholes, desde su aparición, produjo un impresionante apogeo en el uso de derivados para diseñar nuevas e innovadoras estrategias de negociación que permitieran protegerse contra los riesgos financieros o para especular con ellos en los mercados, esta ha sido conocida como la herramienta matemática capaz de generar millones de dólares de rendimientos en pequeños períodos de tiempo; pero también, como la culpable de pérdidas astronómicas en cuestión de horas.

Todo modelo es la representación de algo que se quiere buscar o probar, realmente cuando se modela matemáticamente una situación lo que se busca es facilitar su análisis y disponer de un soporte que permita tomar decisiones lógicas en torno a esa situación ya evaluada previamente. Por lo que se hace necesario e ideal que el modelo represente el fenómeno real con todas las variables que tiene en cuenta para su desarrollo. Normalmente cuando más veracidad se pretenda obtener con el modelo, éste será más complejo. Esta complejidad implica aspectos como las condiciones, hipótesis o supuestos, bajo las cuales él se aplique.

En muchas situaciones reales han ocurrido crisis financieras al utilizar ciertos modelos matemáticos, pero los especialistas están absolutamente de acuerdo sobre la razón de esos fracasos es la utilización de modelos en situaciones en las cuales no se cumplen los supuestos necesarios para su manejo, el modelo no se conoce suficientemente o en algunos casos se confía en algún modelo o software, sin tener en cuenta sus limitaciones. En algunos casos la ambición del dinero, ha sido la razón de grandes fracasos financieros a lo que no se puede decir que son causados por culpa de los modelos matemáticos.

La importancia del modelo desarrollado por Black y Scholes se ve reflejado, también, en otros hechos históricos como en abril de 1973, cuando El Chicago Board Options Exchange introdujo el negocio de opciones, un mes antes de la publicación de la fórmula de valuación de opciones. En 1975, los traders ya la

habían comenzado a aplicarla para valuar y proteger sus posiciones. Actualmente, miles de traders e inversionistas la usan a diario en distintos mercados de todo el mundo. ¹⁵

Actualmente, la habilidad para usar opciones y otros productos derivados, direccionadas al manejo del riesgo, se ha vuelto un valor agregado para quienes conocen acerca de este tema ya que la innovación financiera que se hace con estos productos se dirige hacia una efectiva compra-venta partiendo de que una de la importancia de la volatilidad.

Para las compañías que utilizan opciones estos modelos son de gran importancia ya que les permite evaluar la situación en la que se encuentran pudiendo así ellas mismas reducir sus propios riesgos ó los riesgos a los cuales están expuestos. Se conoce que los bancos y otras instituciones financieras aplican el modelo desarrollado por Black y Scholes para desarrollar y determinar el valor de nuevos productos, o para vender nuevos productos financieros creados a la medida a sus clientes. Pero también lo aprovechan para reducir los riesgos que surgen de su actuación en los mercados financieros.

No todos los países del mundo que cuenta con un mercado de derivados, utilizan la misma metodología de valoración para las opciones. Se debe tener en cuenta que muchos países cuentan con más de una bolsa de valores en la que se negocian activos financieros como es el caso de Estados Unidos y España.

En la siguiente tabla están algunos de estos países con su respectiva bolsa de valores y el modelo de valoración aplicado para las opciones de cada uno de estos países.

País	Bolsa de valores	Modelo de valoración de Opciones
Estados Unidos	AMEX	Black Scholes
México	MEXDER	Black Scholes y Binomial
Chile	BEC	Black Scholes
Argentina	MERVAL	Binomial
Brasil	BM&F	Black Scholes
Perú	BVL	Black Scholes
España	MEFF	Black Scholes
Francia	BDP	Black Scholes
Alemania	BDF	Black Scholes y Binomial

¹⁵ PDF: La valoración de opciones reales dependientes de procesos discontinuos. Aplicación a un caso en la industria de componentes del automóvil, Página 3 a 7.

Inglaterra	LIFFE	Binomial
Italia	BI	Black Scholes y Binomial
Suecia	BDE	Black Scholes
Rusia	INDX	Black Scholes
Polonia	BVV	Black Scholes

Creación propia

Cabe resaltar la importancia que tienen las opciones financieras en el ámbito internacional y la cantidad de opciones creadas sobre diferentes productos subyacentes. Un ejemplo de esto se ve reflejado en la bolsa de Chicago (Chicago Mercantile Exchange) en la que diariamente se negocian muchas opciones de distintos tipos como por ejemplo:

Agricultura	Maíz, avena, soja, trigo, leche, leche en polvo y queso.
Divisas	AUSD/USD, CAD/USD, CHF/USD, EUR/USD, JPY/USD, EUR/GBP, EUR/CHF y EUR/JPY.
Índices bursátiles	S&P 500, mini S&P 500, Nasdaq 100, mini Nasdaq 100, Nikkei 225 USD y Nikkei 225 JPY.
Tasas de interés	Eurodolar a 1 año, Eurodolar a 3 años, T- Bond, Notas del tesoro a 5 años, Notas del tesoro a 10 años, Tasa de interés swap a 5 años, Tasa de interés swap a 7 años, Tasa de interés swap a 10 años y Tasa de interés swap a 30 años.
Metales	Oro, Plata y Platino.
Energía	Petróleo, Etanol y Gas natural.
Climáticos	US mes fresco, US temporada fresca, US mes caluroso, US temporada calurosa, Canadá mes fresco, Canadá temporada fresca, Canadá mes caluroso, Canadá temporada calurosa, Europa mes fresco, Europa temporada fresca, Europa mes caluroso, Europa temporada calurosa, Asia pacifico mes fresco, Asia pacifico temporada fresca, Asia pacifico mes caluroso, Asia pacifico temporada calurosa, Australia mes fresco, Australia temporada fresca, Australia mes caluroso, Australia temporada calurosa, Huracanes temporada, Heladas, Lluvias y Nevadas.

Creación propia

3. VALORACION DE OPCIONES CALL Y PUT SOBRE EL FUTURO DEL BONO NOCIONAL COLOMBIANO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EXCEL.

Teniendo en cuenta los dos modelos de valoración de opciones sobre futuros expuestos anteriormente, se planteará una valoración de una opción sobre el futuro de bono nocional a mediano plazo dentro del mercado colombiano, este objetivo se desarrollará por medio de una herramienta desarrollada en Excel, la cual de una forma didáctica ilustrará los modelos de valoración.

Se debe tener en cuenta que el activo subyacente que aquí se valorará es el futuro de Tes de mediano plazo, el cual se negocia actualmente en el mercado de capitales colombiano, este cuenta con una canasta de Tes títulos entregables de mediano plazo su valor nominal es de \$250.000.000,00 este contrato futuro inició su negociación en el mercado el día 4 de febrero de 2011 y tiene una fecha de vencimiento del 6 de mayo de 2011. Es importante señalar esta particularidad que se presenta en el mercado de derivados de Colombia, el plazo en el cual se realiza la negociación de estos productos es muy corto, haciendo que las decisiones que tengan que tomar los inversionistas sean casi inmediatas. La opción que tomará como activo subyacente, este futuro tiene una fecha de vencimiento del 30 de Abril del 2011, esta fecha establecida debe ser previa al vencimiento del futuro y será la fecha que se utilizara en la aplicación de los modelos para su valoración.

Para la valoración de una opción sobre el futuro, se usará una tasa de interés que será tomada de un Tes que tenga un vencimiento próximo ó más cercano al vencimiento del futuro, en este caso será la del Tes de mayo de 2011 con un valor del 3,49% efectiva anual, es necesario recalcar que se toma esta tasa ya que los otros vencimientos de los Tes son muy lejanos al vencimiento del futuro.

Otra de las variables de gran importancia para la aplicación de estos modelos será la volatilidad, que se genera de la rentabilidad diaria de los precios que cotizan en el mercado, con estos datos se calculará la desviación estándar de los precios de cotización del futuro desde su inicio y este valor de desviación diaria se convertirá a un valor en periodos anuales, el cual será trabajado en los modelos de valoración de opciones

Para cada uno de los dos modelos presentados en la herramienta se requiere que la persona que ingresa los datos tenga en cuenta algunas pautas: inicialmente seleccionará que modelo de valoración utilizará Black Scholes o el modelo Binomial, dependiendo del modelo escogido quien maneja la herramienta deberá ingresar ó elegir que tipo de opción desea valorar, bien sea una opción call o una opción put, el precio de ejercicio que desee pactar o evaluar y la fecha en la que

quiera realiza la valoración de la opción. Es importante señalar que para los dos tipos de valoración se deben tener en cuenta estas variables.

A diferencia del modelo de Black Scholes, en el modelo Binomial se debe ingresar la cantidad de periodos que se requieren para la valoración de la opción. La herramienta cuenta con un Manual que será anexado al trabajo el cual explicara de manera detallada como manejar efectivamente la herramienta y para poder mostrar los resultados correctos de la valoración.

El siguiente es un ejercicio de aplicación de una opción sobre un Futuro del Bono Nacional aplicado en el mercado colombiano por el método Black Scholes:

Un inversionista que adquirió una opción de compra europea para valoración el 7 de marzo sobre un futuro de TES de mediano plazo con un precio de ejercicio de 109.89. El activo subyacente a un contrato corresponde a de \$250.000.000,00. El precio del futuro actual es 109.89, la tasa de interés libre de riesgo es de 3.43% cc y la volatilidad del precio del futuro es del 3.09% anual.

$$E = 109.89$$

$$F = 109.89$$

$$r = 3.43\% \text{ cc}$$

$$\sigma = 3.09\%$$

$$T = 54 \text{ dias}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{109.89}{109.89}\right) + \left(\frac{3.09\%^2}{2}\right) \times \frac{54}{365}}{3.09\% \times \sqrt{\frac{54}{365}}} = 0,0059$$

$$d_2 = 0,0059 - 3.09\% \times \sqrt{\frac{54}{365}} = -0,0059$$

$$N(d_1) = 0.5024$$

$$N(d_2) = 0.4976$$

$$C = e^{-3.43\% \times \frac{54}{365}} [109.89 \times 0.5024 - 109.89 \times 0.4976] = 0,5177$$

$$C = 0.5177 * 250.000.000 = \$ \mathbf{129.425.000}$$

Escenarios de Precio:

- En caso de que el precio del futuro disminuya a 108, manteniendo los otros datos iguales, entonces:

$$d_1 = -1.4557$$

$$d_2 = -1.4675$$

$$N(d_1) = 0.0727$$

$$N(d_2) = 0.0711$$

$$C = 0.0411 * 250.000.000 = \$ \mathbf{10.275.000}$$

- Y si por el contrario el precio del futuro aumenta a 111, manteniendo los otros datos iguales, entonces:

$$d_1 = 0.8527$$

$$d_2 = 0.8404$$

$$N(d_1) = 0.8031$$

$$N(d_2) = 0.7998$$

$$C = 1.2486 * 250.000.000 = \$ \mathbf{312.150.000}$$

El siguiente es un ejercicio de aplicación de una opción sobre un Futuro del Bono Nacional aplicado en el mercado colombiano valorado por el método de Binomial:

Un inversionista que adquirió una opción de compra europea para valoración el 7 de marzo sobre un futuro de TES de mediano plazo con un precio de ejercicio de 109.89. El activo subyacente a un contrato corresponde a de \$250.000.000,00. El precio del futuro actual es 109.89, la tasa de interés libre de riesgo es de 3.43% cc y la volatilidad del precio del futuro es del 3.09% anual.

E= 109.89
F = 109.89
r = 3.43% cc
 $\sigma = 3.09\%$
T = 54 días
Periodos = 4

Valor U= 1.0017
Valor D = 0.9983

Valor P = 0.4996
Valor Q= 0.5004

Prima = 0.141

Prima = \$ **35.250.000**

Escenarios de Precio:

- En caso de que el precio del futuro disminuya a 108, manteniendo los otros datos iguales, entonces:

Prima = 1.889

Prima = \$ **472.250.000**

- Y si por el contrario el precio del futuro aumenta a 110, manteniendo los otros datos iguales, entonces:

Prima = 0.107

Prima = \$ **26.750.000**

Con los ejemplos aplicados se puede dar una rápida mirada a lo que simularía la realidad, pretendiendo exponer de una forma fácil la diferencia que existe entre en cuanto a la valoración de la prima realizada por cada uno de los métodos planteados en la investigación.

El resultado muestra la real aproximación obtenida al valorar la prima en cada uno de los escenarios planteados, en los cuales se pretende mostrar los posibles

cambios en el precio del subyacente, en este caso el futuro del bono nacional, a los cuales se podría enfrentar un inversionista interesado en invertir en este tipo de opción a la hora de la negociación.

Al iniciar un mercado sus negociaciones en opciones financieras, se emiten inicialmente opciones europeas ya que estas son de más fácil manejo y apetecidas por los diferentes inversionistas pues se ejecutan hasta el final del vencimiento de la opción; en el mercado de derivados colombiano se planea emitir este tipo de opciones en un mediano plazo, lo que ayudará en el crecimiento de la economía y en especial del mercado de capitales de Colombia. Por lo cual sería interesante para un futuro evaluar la aplicación del modelo a la realidad y su puesta en marcha en el mercado, atrayendo más posibles interesados en estos novedosos productos.

Con la creación de esta herramienta se busca que para las personas que están interesadas en este tipo de productos puedan obtener el valor de la prima de una forma fácil y rápida y que también sea para los estudiantes un instrumento de estudio que les ayude en la comprensión de estas teorías.

CONCLUSIONES

1. Partiendo de la contextualización realizada en este trabajo de investigación, se puede resaltar la importancia que tiene la creación de nuevos mercados. Con el paso del tiempo específicamente los mercados financieros que se crearon y se especializaron en diferentes carencias de los inversionistas, lo que permitió la generación de nuevos y diferentes productos que se fueron haciendo atractivos a ellos. Al haber investigado y estudiado las características del futuro de bono nocional a mediano plazo en el mercado colombiano, se llegó a la conclusión de que al igual que otros productos del mercado de derivados, éste puede ser aplicado como un activo subyacente a una opción financiera ya que cumple con las características que se requieren para ser un activo subyacente a una opción call ó put. También es importante resaltar que los productos de diferentes mercados pueden ser combinados entre sí para obtener beneficios ya que estos no son productos tan rígidos y se hacen flexibles lo que permite tomar diferentes posiciones en cuanto a la utilización de los mismos.
2. El mercado de capitales Colombiano, se cuenta con una cantidad limitada de productos debido a la poca negociación que registra en él y también a que para las personas es poco conocido. Al realizar la investigación del futuro de bono nocional en el mercado colombiano se encontró que en el momento en el que están siendo emitidos y creados los Tes por parte del gobierno nacional, no se está teniendo en cuenta un plazo prudente entre la fecha de expedición y la fecha de vencimiento, ya que en este caso al trabajar sobre el futuro de Tes a mediano plazo, este solo cuenta con 3 meses para su negociación entre la fecha de expedición y su vencimiento, con lo que concluimos que este plazo hace que sea más difícil su comercialización ya que las personas que se encuentren interesadas en este producto deben tomar decisiones complejas en corto plazo y hace que no sea tan atractivo este producto si se utilizara como un activo subyacente a una opción financiera, los entes encargados de la creación y comercialización se podrán interesar más por lo que buscan las personas interesadas en adquirir estos productos que se encuentran en el mercado.
3. Con la investigación realizada en este trabajo acerca de los diversos modelos de valoración de opciones, concluimos que los modelos de valoración aplicados internacionalmente son: el modelo Black Scholes, el modelo binomial y otras adaptaciones basadas en estos dos modelos de valoración. En este caso estudiado y aplicado, el modelo Black Scholes y el modelo binomial son los más apropiados para la valoración de una opción sobre un futuro financiero

y en especial para el futuro de bono nacional a mediano plazo, con ellos podemos determinar el valor de la prima de una opción call ó put teniendo en cuenta los valores que nos arrojan las cotizaciones diarias del mercado sobre el futuro y también partiendo de la composición y las características de este futuro como posible activo subyacente a una opción. Este futuro es negociado actualmente en la Bolsa de Valores de Colombia y con los datos obtenidos del mercado, se aplicaron los respectivos modelos de valoración estudiados y como resultado se obtuvo el valor de la prima para una opción financiera.

4. Al estudiar detalladamente cada uno de los modelos, se encontró que tanto el modelo binomial como el modelo Black Scholes se basan básicamente en ecuaciones que tiene gran similitud en cuanto a las variable empleadas para su formulación y valoración, lo que diferencia a estos dos modelos es que el modelo binomial utiliza parte del procedimiento más extenso para el cálculo ya que inicia la valoración desde un periodo a otra hasta llegar a el periodo actual en el que se está buscando el valor de la opción, por el contrario el modelo que plantea Black y Scholes no ofrece obtener el valor de una opción de una forma más inmediata haciendo que la valoración tenga un enfoque más analítico como se pudo observar en la forma en la que estos dos economistas se basa en teorías ya propuestas anteriormente por otros científicos y matemáticos para llegar a plantear esta nueva teoría económica.
5. Encontramos que para cada uno de los modelos se propone y se trabaja un tipo de distribución de los valores diferente. En el modelo binomial se plantea que los movimientos del precio siguen una distribución binomial, esta distribución binomial se relaciona y aproxima a la distribución normal asumida en el trabajo realizado por Black Scholes. Además, cuando se analiza como un procedimiento numérico, el método binomial puede ser en muchos casos visto como un caso que se deriva del método explícito de diferencias finitas con lo que se hace una aproximación de derivadas, las cuales fueron utilizadas por estos Black y Scholes en el planteamiento y desarrollo de su modelo.
6. Al valorar una opción at the money en la herramienta de Excel, se concluyo que para cada uno de los modelos los resultados obtenidos son distintos, esta diferencia no es muy extensa entre cada uno de los modelos al momento de su valoración, pero se debe a la forma en la que cada uno de los autores plantea la valoración y también a el periodo o a la cantidad de periodos que emplea cada modelo. Aunque el plazo entre el que se emiten los futuros, se negocia y se vencen los futuro de Tes de mediano plazo es muy corto, esto no influye de ninguna manera en la valoración realizada. Es importante señalar que al realizar la herramienta se obtuvieron resultados reales que se utilizan normalmente en la negociación de opciones financieras.

7. Con la creación de la herramienta también se busco que las personas que estén interesadas en invertir es este tipo de opciones puedan entrar a evaluar las alternativas que tienen y los beneficios que pueden obtener al tomar alguna posición en el mercado y al fijar las condiciones con las cuales desean entrar a hacer parte del mercado. Para el modelo Binomial, cada vez que se quiera hallar la prima tendrían que realizar los arboles con una gran cantidad de periodos y todos sus cálculos de probabilidades; y para el Modelo Black-Scholes, llevar a cabo todas las formulas necesarias para el cálculo de la prima, pero con la herramienta se puede realizar estos cálculos una y otra vez de una forma rápida y fácil, ahorrándose todos estos pasos que toman tiempo, obteniendo el resultado de la prima con solo ingresar los datos al programa.

8. Con la creación de la herramienta se recordaron y practicaron todos los conocimientos de programación aprendidos durante la carrera con el fin de facilitar el cálculo y el análisis de los resultados sobre las teorías necesarias y utilizadas para la elaboración de este proyecto; siendo esta una herramienta de uso práctico para el usuario y de fácil entendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- HULL, J. C. (2009). *Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones* (6ª ed.). México: Editorial Prentice Hall.
- LAMOTHE, P., & PEREZ SOLAMO, M. (2003). *Opciones Financieras y Productos Estructurados* (2ª ed.). Editorial Mc Graw Hill.
- MADURA, J. (2001). *Mercado e Instituciones Financieras* (5ª ed.). México: Editorial Thomson Learning.
- MARTIN MARIN, J. L., & TRUJILLO PONCE, A. *Manual de Mercados Financieros*. Editorial Thomson Learning.
- ASOBANCARIA. (2005). *La Semana Económica*. Colombia.
- Bolsa de Corredores y Valores Valparaíso. (2005). *Mercado de Capitales*. Chile
- Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. (2003). *Mercado de Capitales*. Argentina.
- Universidad EAFIT. (2007). *Mercado de Capitales*. Colombia.
- LARA, J. F. *Productos Derivados*. México.
- ZACHARIE, A. *Los Mercados Financieros*. Mexico.

ENLACES

- González, C. H. (Julio de 2008). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <http://www.slideshare.net/luis.garcia/introduccion-al-mercado-de-capitales-colombiano-cdmc-chg-presentation-581444>
- ANYELI ZAMBRANO VALENCIA - LATORRE CLAUDIA MARIANA, M. L. (Octubre de 2004). *Gestiopolis*. Obtenido de Gestiopolis: <http://www.gestiopolis.com/recursos3/docs/fin/mktcapcol.htm>
- Machado, G. G. (20 de Mayo de 2010). *El Colombiano*. Obtenido de El Colombiano: http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/C/con_mas_canales_crecera_mercado_de_capitales/con_mas_canales_crecera_mercado_de_capitales.asp?Tos=1

Bolsa de Valores de Colombia. (2008). *Bolsa de Valores de Colombia*. Recuperado el 2011, de Bolsa de Valores de Colombia: www.bvc.com.co

Documents for Small Business and Professionals. (22 de Diciembre de 2008). *Documents for Small Business and Professionals*. Obtenido de Documents for Small Business and Professionals: <http://www.docstoc.com/docs/3180273/Qu%C3%A9-son-los-productos-derivados-y-qu%C3%A9-tipos-podemos-encontrar>

GOMEZ LOPEZ, R. Recuperado el Septiembre de 2010, de eumed.net: <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/rgl-mmff/index.htm>

LINARES, D. (Julio de 2008). Recuperado el Septiembre de 2010, de GestioPolis: <http://www.gestiopolis.com/canales5/eco/merderiva.htm>

Lirojas. (2010). Recuperado el Septiembre de 2010, de EL TIEMPO: http://www.eltiempo.com/participacion/blogs/default/un_articulo.php?id_blog=4173970&id_recurso=450011990

BolsaOne Corporation. Recuperado el Septiembre de 2010, de BolsaOne: <http://www.bolsaone.com/www/manual/futuros.asp?lang=es&doc=3>

Futuros.us.. Recuperado el Septiembre de 2010, de http://www.futuros.us/adivinar/adivinos/dinero/resena_historica/

(2007). Recuperado el Septiembre de 2010, de Bolsa Quest: <http://www.bolsaquest.com/blog/guia-de-opciones-y-futuros-parte-1/>

(2010). Recuperado el Septiembre de 2010, de Reference for Business: <http://www.referenceforbusiness.com/encyclopedia/Clo-Con/Commodity-Exchanges.html>

Recuperado el Septiembre de 2010, de MiMi.hu: http://es.mimi.hu/economia/mercado_de_derivados.html

ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA

ANEXO B. CD DESARROLLO LA HERRAMIENTA