PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

"TÉCNICAS DE VALUACIÓN, ESTRATEGIAS Y APLICACIÓN DE OPCIONES, SOBRE ACCIONES QUE SE NEGOCIAN EN LA BOLSA DE VALORES DE LIMA"

TESIS PARA OPTAR POR TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

MATEO EDGARDO BEDOYA BENAVIDES

Lima – Perú
2005

Dedicatoria:

A mis padres

Por el sacrificio que realizan para que obtenga lo mejor

Agradecimientos:

A Luis Carlos,

Por el tema de tesis y el tiempo de asesoría

A Gabriela,

Por las interminables correcciones ortográficas

RESUMEN

En la presente tesis se elaboró un portafolio de opciones basado en las quince acciones de la Bolsa de Valores de Lima que se negocien con mayor frecuencia. Uno de los parámetros más importantes en la valuación de opciones es la volatilidad, así que se analizó qué método de estimación de volatilidad es más adecuado para el portafolio elaborado. Dado que los modelos de valuación de opciones involucran un gran número de supuestos que rara vez son cumplidos, se investigó en qué medida se adecua cada uno de los supuestos a las acciones seleccionadas para el portafolio.

Una de las particularidades de las opciones es que creando combinaciones de opciones y acciones es posible generar diferentes estrategias que se acomoden a las expectativas de rendimiento de los inversionistas. Así que para cada acción del portafolio se examinó qué estrategia de opciones es más apropiada y se investigó los posibles resultados de cada una. Mediante simulación de Monte Carlo, se analizó cuál es el riesgo y la rentabilidad del portafolio de opciones en su conjunto. Luego se realizó una comparación entre el portafolio de opciones y un portafolio equivalente que consiste de los mismos nemónicos pero que únicamente involucre acciones.

Finalmente, se recopilaron los datos de la Bolsa de Valores de Lima correspondientes al siguiente trimestre, y se evaluaron los resultados del portafolio de opciones y del portafolio de acciones. Encontrando que un portafolio de opciones bien administrado puede lograr rendimientos superiores a los de un portafolio de acciones basado en los mismos nemónicos que los del primer portafolio.

ÍNDICE

ANEXOS

GRÁFICOS

TABLAS

1. MARCO TEÓRICO

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OPCIONES SOBRE ACCIONES

1.1.1. DEFINICIÓN DE OPCIÓN

Una opción es un contrato entre dos partes en el cual el comprador adquiere el derecho de comprar o vender un activo en un tiempo futuro a un precio fijo. El derecho de comprar o vender se puede ejercer o no según lo que le convenga al poseedor de la opción. El derecho permanecerá válido por un período de tiempo, hasta que la opción expire.

Una opción define dos precios: la prima y el precio de ejercicio. La prima es el precio de la opción, es decir, lo que el que compra la opción le paga al que la vende. Este monto se paga al inicio de la vida de una opción y cada vez que ésta cambie de dueño. El otro precio que define una opción es el precio de ejercicio, el cual es el monto al que se comprará o venderá el activo en cuestión.

Existen dos clases de opciones: opciones *call* y opciones *put*. Las opciones *call* le otorgan el derecho al poseedor de la opción de elegir si compra o no el activo. Las opciones *put* le otorgan el derecho al poseedor de la opción de elegir si vende o no el activo.

Las opciones pueden establecerse en base a diferentes tipos de activos, como acciones, índices de acciones, divisas y contratos de futuros. No obstante, esta tesis se limitará únicamente a las opciones sobre acciones.

a. Opciones Call

Las opciones *call* le otorgan el derecho al comprador de la opción de elegir si le compra o no al vendedor de la opción el activo al precio de ejercicio. El precio final de la acción podrá ser mayor o menor que el precio de ejercicio, esto determinará si se ejerce o no la opción. La opción será ejercida, es decir, se comprará la acción, sólo si le conviene al que posee la opción. Si el precio de la acción es mayor que el precio de ejercicio, le convendrá al que posee la opción ejercerla, de tal forma que podrá revender la acción en el mercado a su precio real y quedarse con la diferencia del precio del mercado y el precio de ejercicio. Cuando las opciones se encuentran en esta situación son llamadas *in-the-money*. Sin embargo, no siempre convendrá ejercer una opción *in-the-money* antes de la fecha de expiración. Si el precio de la acción es menor que el precio de ejercicio la opción estará *out-of-the money*. No convendrá comprar una opción cuando se encuentre *out-of-the-money*.

b. Opciones Put

Las opciones *put* le otorgan el derecho al comprador de la opción de elegir si vende o no al vendedor de la opción el activo al precio de ejercicio. La opción será ejercida, es decir, se venderá la acción, sólo si le conviene al que posee la opción. Si el precio de la acción es menor que el precio de ejercicio le convendrá ejercer la opción, ya que se estaría recibiendo un monto igual al precio de ejercicio a cambio de una acción de menor precio. Cuando la opción se encuentra en esta situación, donde el precio de la acción es menor que el de ejercicio, se llamará una opción *in-the-money*. La situación contraria, en la que el precio de la acción es mayor que el precio de ejercicio, se llamará una opción *out-of-the-money* y no convendrá ejercer la opción.

De la misma manera que con las opciones *call*, si se ejerce una opción *put in-the-money* se ganará dinero, en el caso que la opción esté *out-of-the-money* no convendrá ejercitarla porque se perderá dinero.

1.1.2. NOTACIÓN DE OPCIONES

- S_0 : precio de la acción hoy (tiempo 0 = hoy).
- X : precio de ejercicio.

- T : tiempo hasta que expire.
- r : tasa libre de riesgo.
- S_T : precio de la acción en la fecha de expiración.
- $C(S_0, T, X)$: precio de una opción *call* en la que el precio de la acción es S_0, el tiempo hasta que expire es T, y el precio de ejercicio es X.
- $P(S_0, T, X)$: precio de una opción *put* en la que el precio de la acción es S_0, el tiempo hasta que expire es T, y el precio de ejercicio es X.
- C_a: precio de una opción *call* Americana.
- P_a : precio de una opción *put* Americana.
- C_e : precio de una opción *call* Europea.
- P_e: precio de una opción *call* Europea.

1.1.3. OPCIONES AMERICANAS Y OPCIONES EUROPEAS

Existen dos tipos de opciones: opciones americanas y opciones europeas. La opción americana permite que se ejerza en cualquier momento hasta la fecha de expiración. La opción europea puede ser ejercida únicamente en la fecha de expiración. Por lo tanto, las opciones americanas permiten hacer todo lo que las europeas permiten y más. Debido a esto, al comparar el precio de dos opciones con las mismas características con la excepción que una es americana y la otra europea, la opción americana valdrá por lo menos el valor de la opción europea, es decir,

$$C_a(S_0, T, X) \geq C_e(S_0, T, X).$$

1.2. MERCADOS DE OPCIONES

1.2.1. MERCADO ORGANIZADO DE OPCIONES

En los mercados organizados se negocian contratos estandarizados de opciones. El mercado organizado delimitará las reglas y regulaciones de las negociaciones. Esto hace al mercado más accesible y atractivo para el público en general.

En estos mercados las opciones son tan negociables como las acciones. Si un poseedor desea deshacerse de un contrato de opciones habrá algún otro inversionista que desee comprar dicho contrato.

Los mercados organizados de opciones ofrecen los contratos de opciones de manera estandarizada. Es decir, estandarizan el tamaño de cada contrato, la fecha de ejercicio y el precio de ejercicio. Cada contrato de opciones será de 100 acciones de una empresa, así que si una persona compra un contrato en realidad estará comprando 100 opciones. Por otro lado, al tener una menor cantidad de fechas de ejercicio y de precios de ejercicio se tendrá un menor número de opciones. Esto fuerza a que un contrato negocie más veces, lo que le da liquidez a la bolsa de opciones.

Usualmente la vida de las opciones es menor a nueve meses, aunque existen también opciones sobre acciones con una vida de hasta tres años. La fecha de expiración es estandarizada, de tal manera que dos opciones cualesquiera de un mismo mes expirarán el mismo día. Gracias a esto existe un menor número de opciones diferentes, y las opciones existentes se negocian más.

Los precios de las opciones también son estandarizados. Cuando se introduce una nueva fecha de expiración, se seleccionan unos cuantos precios de ejercicio cercanos al valor de la acción. Cuando el precio de la acción se eleva más allá del máximo precio de ejercicio, o disminuye a menos del mínimo precio de ejercicio, se introducen nuevos precios de ejercicio.

Algunos mercados organizados imponen límites de posición y límites de ejercicio, para evitar que un individuo o un grupo de individuos actuando conjuntamente tengan demasiado efecto en el mercado. Los límites de posición determinan un máximo número de opciones de una misma acción que un individuo puede tener en un lado del mercado.

Como se verá más adelante, el comprar una opción *call*, al igual que el vender una opción *put*, es apostar por el incremento del precio de esa acción. Ese es un lado del mercado. De lo contrario, el vender una opción *call* o el comprar una opción *put* es apostar por la disminución del precio de esa acción. Ese es el otro lado del mercado.

Usualmente, los límites de ejercicio determinan el máximo número de opciones que un individuo puede ejercer durante cinco días útiles consecutivos.

En el Perú aún no existe un mercado organizado de acciones. Sin embargo, según se publica en el sitio web de la Bolsa de Valores de Lima, ésta viene elaborando diversos proyectos para la introducción de nuevos productos en el ámbito bursátil, entre los que destacan las operaciones de futuros y de opciones.[1]

1.2.2. MERCADO OVER-THE-COUNTER

Es un mercado en donde dos partes interesadas negocian directamente las condiciones de un contrato de opciones. Está compuesto, principalmente, por instituciones financieras y administradores de fondos. A diferencia del mercado organizado de opciones, en este mercado los poseedores de un contrato muy rara vez lo revenden.

Una de las desventajas de este tipo de mercado es que ambas partes siempre tendrán que asumir algo de riesgo crediticio, es decir el riesgo que la contraparte no vaya a honrar el contrato. En este mercado no existe regulación de ninguna institución. Lo que regula es el honor de cada una de las partes y la expectativa de seguir participando en éste mercado. Esto, desde cierto punto de vista, puede ser una desventaja, ya que deja de lado a muchos inversionistas antes que puedan establecer una imagen confiable.

Sin embargo, cuenta con algunas ventajas. Es posible definir las condiciones del contrato de acuerdo a las necesidades de cada una de las partes. En realidad, son las instituciones financieras las que normalmente estructuran los instrumentos financieros en base a las necesidades de sus clientes.

---

[1] Bolsa de Valores de Lima (s.f). Consultado Marzo 13, 2004 en http://www.bvl.com.pe.

1.3. PRINCIPIOS DE VALUACIÓN DE UNA OPCIÓN CALL

1.3.1. OPCIONES CALL

a. El valor mínimo de una opción call

El poseedor de la opción *call* tiene el derecho de elegir si desea ejercitar la opción o no. Si el poseedor determina que el ejercicio de la opción incrementará su riqueza, ejercitará la opción *call*. Si determina que disminuirá su riqueza, no ejercitará la opción *call*. Por lo tanto la opción *call* no puede tener un valor negativo. Entonces,

$$C(S_0, T, X) \geq 0$$

La opción americana tiene una restricción del valor mínimo más elevado. Este tipo de opciones pueden ser ejercidas antes de la fecha de expiración. Digamos que compro una opción *call* americana a un precio de $S_0 - X - 1$. Si S_0 es menor que X , no me convendrá ejercitar la opción en ese momento. Si S_0 es mayor que X , yo podría ejercitar la opción en ese momento, pagando X y recibiendo una acción que puede ser revendida a S_0. De esa manera obtendría de la opción $S_0 - X$ habiendo pagado sólo $S_0 - X - 1$, con lo que ganaría 1. Sería una oportunidad de ganar 1 con riesgo nulo, por lo que todos comprarían esta opción. La demanda por la opción forzaría un incremento en el precio de ésta hasta que ya no exista la ganancia con riesgo nulo, es decir hasta que el precio por la opción sea $S_0 - X$.

Por lo tanto, para una opción *call* americana,

$$C_a(S_0, T, X) \geq \max(0, S_0 - X) \, ,$$

y para una opción *put* europea,

$$C_e(S_0, T, X) \geq 0$$

b. El valor máximo de una opción call

Para una acción cualquiera, la opción con el mayor valor posible sería aquella que fuese de tipo americano, tuviese un precio de ejercicio igual a cero y un tiempo de expiración igual a infinito. El poseedor de esta opción ficticia, la podría ejercer en el momento que desee, sin pagar un precio de ejercicio, y obtener por ello el precio de la acción. Por lo tanto el valor de la opción debería ser igual al precio de la acción. Entonces,

$$C_a(S_0, T, X) \leq S_0 .$$

Dado que

$$C_a(S_0, T, X) \geq C_e(S_0, T, X) ,$$

Entonces,

$$C_e(S_0, T, X) \leq S_0 .$$

Por lo que una opción, sea americana o europea, tendrá un límite de valor máximo igual al precio de la acción.

c. El valor de una call al expirar

Cuando una opción *call* expira, ésta debe valer la diferencia entre el precio de la acción y el precio de ejercicio, o cero. Para demostrar esto supongamos que se compra una *call* que está *in-the-money* justo antes de que expire a un precio de $S - X - 1$, es decir, la diferencia entre el precio de la acción y el precio de ejercicio menos 1. En el momento siguiente la *call* expira, debido a que está *in-the-money* convendrá ejercitar la *call*, para lo que se pagará X y se obtendrá S. Se recibirá al expirar un valor neto de $S - X$. Debido a que un instante atrás sólo pagamos $S - X - 1$, hemos obtenido 1. Con esto aumentaría la demanda por la *call* hasta que el precio se estabilice en $S - X$.

Si, por el contrario, el precio de la opción *call* fuese mayor a $S - X$ nadie la compraría porque un momento después se ejercitaría la *call* pagando X y se obtendría S, lo que es un neto de $S - X$. Nadie estaría dispuesto a pagar más de $S - X$ por una opción que le aportará en el siguiente instante sólo $S - X$.

En los dos párrafos anteriores se ha analizado el valor de una *call* que está *in-the-money* al expirar y se ha determinado que su precio deberá ser $S - X$. Sin embargo si la opción está *out-of-the-money* el valor de la *call* será diferente.

Si el precio de la acción es más bajo que el precio de ejercicio no convendrá ejecutar la opción. En ese caso no se obtendrá nada en el momento que expira, por lo que la *call* tampoco valdrá nada.

Resumiendo, se cumplirá lo siguiente,

$$C(S_T, 0, X) = \max(0, S_T - X)$$

d. El efecto del precio de ejercicio

Para evaluar el efecto del precio de ejercicio en el valor de una opción se comparará dos opciones *call* que difieren únicamente del precio de ejercicio. La primera tendrá un precio de ejercicio de X_1 y la segunda de X_2, siendo X_2 mayor que X_1.

Evaluaremos las tres situaciones en la fecha de expiración. Primera situación: $S_T < X_1 < X_2$. En este caso no se obtendrá nada de ninguna de las acciones, debido a que no convendrá ejercer ninguna. Segunda situación: $X_1 < S_T < X_2$. Se ejercitará la *call* 1, con lo que se obtendrá un valor neto de $S_T - X_1$; la *call* 2 no se ejercitará, por lo que no se obtendrá nada de esa opción. Tercera situación: $X_1 < X_2 < S_T$. Se ejercitarán amabas opciones, por la primera se obtendrá $S_T - X_1$ y por la segunda $S_T - X_2$, debido a que $X_1 < X_2$ se obtendrá un mayor valor por la opción 1 que por la 2.

Comparando las opciones *call*, en la primera situación se obtuvo lo mismo de las dos opciones, en la segunda situación se obtuvo más de la *call* 1 que de la *call* 2, y en la tercera situación también se obtuvo más de la *call* 1 que de la *call* 2. Así que en el momento de expiración siempre se obtiene de una *call* con un precio de ejercicio menor por lo menos lo que se obtiene de una *call* con un mayor precio de ejercicio.

Hasta ahora se ha analizado lo que se obtiene en el momento de expiración. La misma conclusión se obtendrá si se ejercitan las *call* antes de la fecha de expiración.

Por lo tanto,

$$C(S,T,X_1) \geq C(S,T,X_2)$$

e. El efecto del tiempo hasta la expiración

Entre más larga la vida de una *call* mayor será el valor de ésta. La razón está en que mientras mayor sea el tiempo habrá mayores probabilidades de que el precio varíe ampliamente. Si el precio incrementa sustancialmente mayor será lo que se reciba en la fecha de expiración, por lo que debería valer más la *call*. Si el precio reduce sustancialmente el beneficio en la fecha de expiración no se verá afectado ya que no se ejercitará la *call*. Por lo tanto, una mayor vida incrementa el valor de la *call*. Mientras la vida de la *call* se reduzca, el valor de ésta disminuirá.

1.3.2. OPCIONES PUT

a. El valor mínimo de una opción put

El poseedor de la opción *put* tiene el derecho de elegir si desea ejercitar la opción o no. Si el poseedor determina que el ejercicio de la opción incrementará su riqueza, ejercitará la *put*. Si determina que disminuirá su riqueza, no ejercitará la opción *put*. Por lo tanto la *put* no puede tener un valor negativo. Entonces,

$$P(S_0, T, X) \geq 0$$

La opción *put* americana puede ser ejercida antes de la fecha de expiración. Si el precio de la acción es menor al precio de ejercicio y se ejerce la opción *put*, se obtendrá un beneficio igual a $X - S_0$. Si el precio de la acción es mayor al precio de ejercicio, no se ejercitará la *put* y el beneficio será nulo.

Por lo tanto, para una opción *put* americana,

$$P_a(S_0, T, X) \geq \max(0, X - S_0),$$

y para una opción *put* europea,

$$P_e(S_0, T, X) \geq 0$$

b. El valor máximo de una opción put

El beneficio de una opción *put* europea en la fecha de expiración es $X - S_0$. Así que el máximo beneficio será X cuando $S_0 = 0$. De esta manera, el máximo beneficio será el valor presente de X, o

$$P_e(S_0, T, X) \leq X(1+r)^{-T}.$$

Dado que la *put* americana puede ejercerse en cualquier momento,

$$P_a(S_0, T, X) \leq X \ .$$

c. El valor de una put al expirar

Cuando una opción *put* expira, y el precio de la acción es menor al precio de ejercicio, el beneficio de la opción será la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio de la acción. Si el precio de la acción es mayor al precio de ejercicio el beneficio será cero.

Entonces,

$$P(S_T, 0, X) = \max(0, X - S_T)$$

Esto aplica para opciones *put* americanas y europeas.

d. El efecto del precio de ejercicio

Para evaluar el efecto del precio de ejercicio en el valor de una opción se compararán dos opciones *put* que difieren únicamente del precio de ejercicio. La primera tendrá un precio de ejercicio de X_1 y la segunda de X_2, siendo X_2 mayor que X_1.

Evaluaremos las tres situaciones en la fecha de expiración. Primera situación: $S_T < X_1 < X_2$. Se ejercitarán amabas opciones, por la primera se obtendrá $X_1 - S_T$ y por la segunda $X_2 - S_T$, debido a que $X_1 < X_2$ se obtendrá un mayor valor por la opción 2 que por la 1. Segunda situación: $X_1 < S_T < X_2$. Se ejercitará la *put* 2, con lo que se obtendrá un valor neto de $X_2 - S_T$; la *put* 1 no se ejercitará, por lo que no se obtendrá nada de esa opción. Tercera situación: $X_1 < X_2 < S_T$, en este caso no se obtendrá nada de ninguna de las acciones, debido a que no convendrá ejercer ninguna.

Comparando las opciones *put*, en la primera situación se obtuvo más con la opción 2 que con la opción 1, en la segunda situación también se obtuvo más con la *call* 2 que con la *call* 1, y en la tercera situación se obtuvo lo mismo con ambas opciones. Así que en el momento de expiración siempre se obtiene de una *put* con un precio de ejercicio mayor por lo menos lo que se obtiene de una *put* con un menor precio de ejercicio.

Hasta ahora se ha analizado lo que se obtiene en el momento de expiración. La misma conclusión se obtendrá si se ejercitan las *put* antes de la fecha de expiración.

Por lo tanto,

$$P(S, T, X_2) \geq P(S, T, X_1)$$

e. El efecto del tiempo hasta la expiración

Para las opciones *put* americanas, tiempo de vida significará que la *put* sea más valiosa. Esto se debe a que entre más larga la vida de una habrá mayores probabilidades de que el precio varíe ampliamente. Si el precio disminuye sustancialmente, lo que se reciba en la fecha de expiración será un valor, por lo que debería valer más la *put*. Si el precio incrementa sustancialmente el beneficio en la fecha de expiración no se verá afectado ya que no se ejercitará la *put*. Por ello, si el tiempo es mayor, el precio de la acción podrá variar más, lo que apoyará que la *put* valga más.

Sin embargo, para las opciones *put* europeas hay un efecto que puede hacer que el valor de una *put* de vida más larga sea menor. En este sentido, si la *put* tiene un mayor tiempo de vida, se tendrá que esperar más hasta que llegue la fecha de expiración y se reciba el precio de ejercicio. Normalmente en las *put* europeas el primer efecto prima sobre el efecto de tener que esperar más hasta recibir el precio de ejercicio, por lo que en la mayoría de los casos una *put* europea de mayor vida valdrá más que su equivalente de menor vida.

1.4. MODELO DE COMPORTAMIENTO DE PRECIO DE ACCIONES

En esta sección se presenta un modelo que permite simular cómo evolucionan los precios de las acciones a lo largo del tiempo. Por motivos de simplificación se asumirá que las acciones no pagan dividendos. La nomenclatura a utilizar será la siguiente:

- t : tiempo
- S : precio de la acción en el tiempo t
- μ :rendimiento porcentual esperado de S
- σ : desviación estándar de los rendimientos de S
- ε : variable aleatoria normal estándar

El primer principio que recoge el modelo es que el comportamiento de los precios de las acciones sigue la Propiedad de Markov. Esta propiedad dice que sólo importa el estado actual de un proceso y no cómo llegó al estado actual. Por lo tanto, para predecir el futuro sólo importará el estado actual y no el pasado.

Se considera que el modelo de comportamiento del precio de una acción sigue un Movimiento Browniano Geométrico. Según esto, el rendimiento porcentual esperado de una acción es independiente del precio de la acción. De esta manera, el Movimiento Browniano Geométrico se desarrolla sobre la base que el rendimiento esperado de una acción es constante. Para un período de tiempo infinitesimal, dt , el incremento en el valor de la acción será $\mu S dt$, donde S es el precio de la acción en el tiempo t , μ es el rendimiento porcentual esperado de S .

Si el modelo en cuestión sólo incluiría cambio en el precio de la acción debido al rendimiento esperado, la simulación de precios durante 1 año de una acción de S/ 10.00, con tasa de crecimiento de 10% anual sería la siguiente,

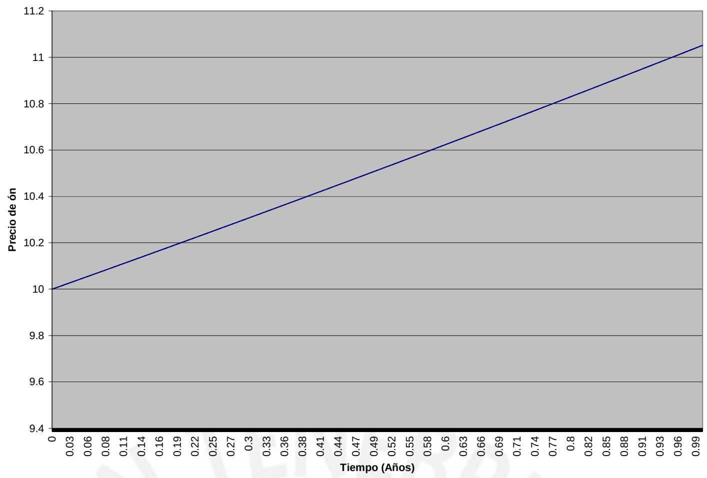


Gráfico 1: Variación del precio de la acción debido al rendimiento esperado

El gráfico nos permite notar que el cambio en el precio de una acción no dependerá únicamente del rendimiento esperado, existe también un factor aleatorio. El cambio en el precio durante un tiempo infinitesimal debido al factor aleatorio está dado por $\sigma S\varepsilon\sqrt{dt}$. Cabe mencionar que $\varepsilon\sqrt{dt}$ es denominado un proceso de Wiener. Si se simulara el precio de una acción con un modelo que considere únicamente el cambio debido al factor aleatorio y dejando de lado el rendimiento de la acción, se obtendría lo siguiente.

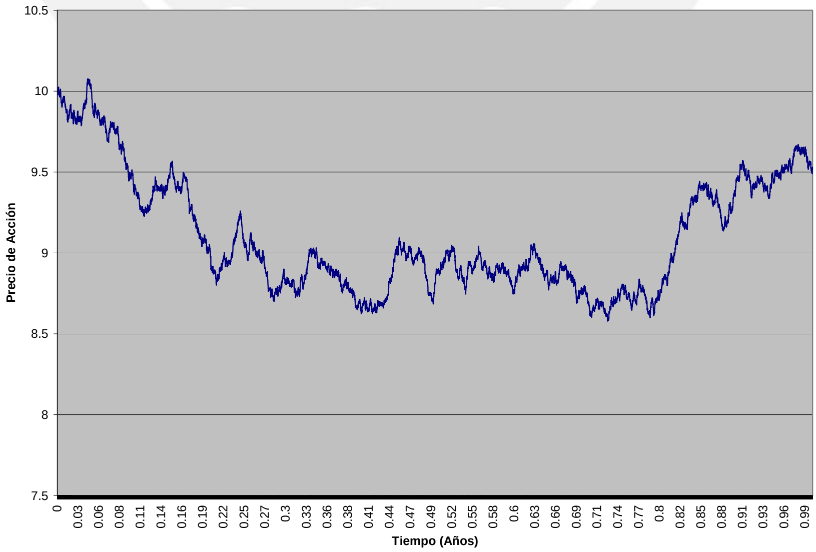


Gráfico 2: Variación del precio de la acción debido al factor aleatorio

Al agregar el efecto del rendimiento de la acción con el efecto de la variabilidad se obtiene el modelo completo. La fórmula del cambio del precio de la acción será

$$dS = \mu S dt + \sigma S \varepsilon \sqrt{dt}\ .$$

En el gráfico que se presenta a continuación se puede observar la simulación de precios considerando los dos efectos, la simulación de precios considerando sólo el factor rendimiento y la simulación considerando sólo el factor variabilidad.

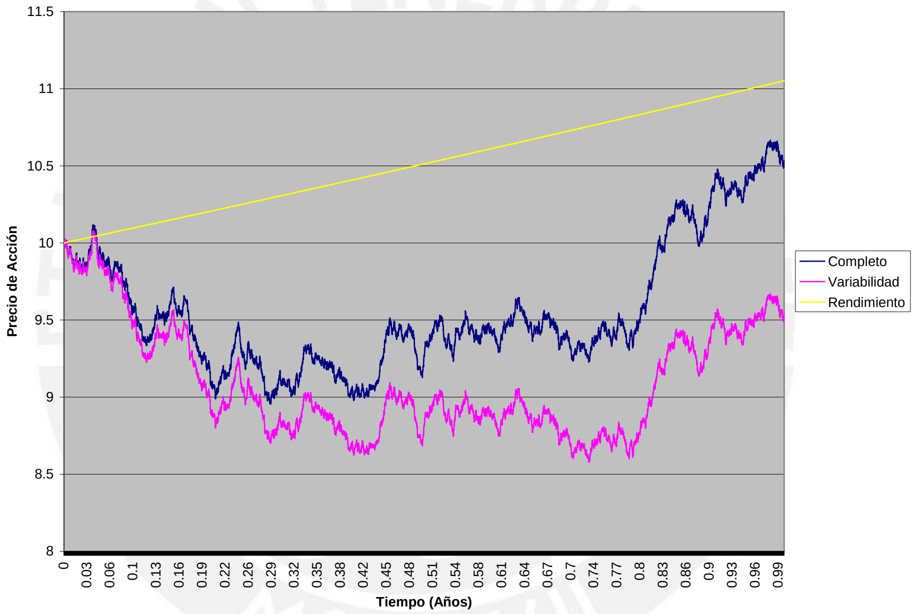


Gráfico 3: Variación del precio de la acción debido al rendimiento esperado y al factor aleatorio

Dos importantes propiedades se desprenden de la ecuación de Movimiento Browniano Geométrico, estas son:

- los rendimientos entre cada período de tiempo que transcurre son independientes
- $\ln\left(\frac{S_{0+t}}{S_0}\right) \sim N\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}t, \sigma^2 t\right)$, esto es, el rendimiento logarítmico de los precios de las acciones sigue una distribución normal con lo parámetros mostrados en la expresión matemática anterior.

1.5. DERIVACIÓN DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL DE BLACK-SCHOLES-MERTON

La ecuación diferencial de Black-Scholes-Merton es una ecuación que debe ser satisfecha por el precio de cualquier derivado que dependa de una acción que cumpla con una serie de supuestos listados mas adelante. Es decir, cualquier función $f(S,t)$, donde S es el precio de la acción y t es el tiempo, que sea una solución de dicha ecuación diferencial es el precio teórico de un derivado que puede ser negociado. Dicho derivado no creará oportunidades arbitrarias de beneficio.

Esta ecuación diferencial se basa en establecer un portafolio sin oportunidades arbitrarias de beneficio que consista de acciones y de derivados. Dado que no existen oportunidades arbitrarias de beneficio, el rendimiento del portafolio debe ser igual a la tasa libre de riesgo.

La razón por la que se puede crear un portafolio libre de riesgo, es decir, un portafolio cuya ganancia se conoce con certeza, es que tanto la opción y el derivado dependen de la misma incertidumbre: las variaciones en el precio de la acción. En un corto período de tiempo el precio de un derivado esta perfectamente correlacionado con el precio de la acción en la que se basa el derivado. Cuando se establece un portafolio con la combinación adecuada del número de acciones y de derivados, la ganancia o pérdida en el derivado producida por el cambio en el precio de la acción es contrarestado por la ganancia o pérdida en el valor de las acciones. De esta manera se puede conocer con certeza el valor del portafolio al final de un corto período de tiempo.

Dado que el precio del derivado esta perfectamente correlacionado con el precio de la acción sólo por un corto período de tiempo, el portafolio será libre de riesgo sólo por un corto período de tiempo.

Según el Movimiento Browniano Geométrico el cambio en el precio de la acción, δS, se comporta de la siguiente manera

$$\delta S = \mu S \delta t + \sigma S \delta z \; .$$

Del Ito’s lemma, la función G de S es la siguiente

$$\delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial S} \mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) \delta t + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S \delta z \; .$$

El proceso de Wiener está representado por δz. Dicho proceso es el mismo para de δS y de δG. Así que si se elige un portafolio con la combinación adecuada del número de acciones y de derivados, el proceso de Wiener puede ser eliminado. Si se elimina el proceso de Wiener, que es el que provoca la incertidumbre o el factor aleatorio al portafolio, se sabrá con certeza el valor de portafolio en el siguiente instante.

Ya que uno de los supuestos dice que no debe existir oportunidad arbitraria de beneficio, el portafolio, en un período de tiempo igual a $\delta .t$ deberá obtener una ganancia igual a la tasa libre de riesgo. Esto se expresa en la siguiente ecuación

$$\delta \Pi = r \Pi \delta t \; ,$$

en donde Π representa el valor del portafolio.

Si se elige un portafolio que consista de una posición corta de un derivado y una posición larga de un número de $\frac{\partial f}{\partial S}$ acciones, el valor del portafolio representado por Π será

$$\Pi = -f + \frac{\partial f}{\partial S} S \; .$$

Un pequeño cambio en el valor del portafolio en un intervalo de tiempo $\delta .t$ esta dado por

$$\delta \Pi = -\delta f + \frac{\partial f}{\partial S} \delta S \; .$$

Reemplazando en la ecuación anterior el cambio en el precio de la acción, δS, según el Movimiento Browniano Geométrico y la función G de S, δG, se obtiene

$$\delta\Pi = -\left[\left(\frac{\partial f}{\partial S}\mu S + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}\sigma^2 S^2\right)\delta t + \frac{\partial f}{\partial S}\sigma S\delta z\right] + \frac{\partial f}{\partial S}\left[\mu S\delta t + \sigma S\delta z\right].$$

Simplificando,

$$\delta\Pi = -\left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}\sigma^2 S^2\right)\delta t\,.$$

Por otro lado se sabe que el portafolio deberá obtener una ganancia igual a la tasa libre de riesgo en un período de tiempo igual a δt, esto es, $\delta\Pi = r\Pi\delta t$. Igualando ambas ecuaciones

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

reemplazando el valor del portafolio,

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

ordenando,

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

que es la ecuación diferencial de Black-Scholes-Merton.

Esta ecuación diferencial tiene diversas soluciones, correspondientes a todos los derivados que dependan de S que se puedan definir. El derivado que se obtenga cuando se resuelve la ecuación depende de las ecuaciones de borde que se utilicen.

En el caso de la opción *call* Europea la condición de borde es

$$f = \max(S - X, 0) \text{ cuando } t = T \ .$$

En el caso de la opción *put* Europea la condición de borde es

$$f = \max(X - S, 0) \text{ cuando } t = T \ .$$

1.6. TÉCNICAS DE VALUACIÓN DE OPCIONES

Existen principales técnicas para valuar opciones: el modelo Black-Scholes, el modelo Binomial y la Simulación de Monte Carlo.

1.6.1. MODELO BLACK-SCHOLES

a. Fórmulas de Valuación

El modelo Black-Scholes es uno de los mayores logros de la historia de la valuación de instrumentos financieros. Asimismo, entre los diferentes modelos de valuación de opciones, el modelo Black-Scholes es el más aceptado[2].

Las fórmulas de valuación del modelo Black-Scholes son obtenidas aplicando las condiciones de borde de la opción *call* europea[3] y de la opción *put* europea[4] en la ecuación diferencial Black-Scholes-Merton, presentada en la sección anterior.

Según éste modelo el valor de una opción *call* es el siguiente:

$$C = S_0 N(d1) - Xe^{-rT} N(d2)\ .$$

El valor de una opción *put* será:

$$P = Xe^{-rT}\left[1 - N(d2)\right] - S_0\left[1 - N(d1)\right].$$

En donde,

$$d1 = \frac{\ln(\frac{S_0}{X}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}\ ,$$

y

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}\ .$$

- $N(d1)$ y $N(d2)$ son las probabilidades acumuladas de la función normal estándar de $d1$ y de $d2$
- σ es la desviación estándar de los rendimientos logarítmicos
- r es la tasa continua libre de riesgo

b. Supuestos del Modelo Black-Scholes

---

[2] "School Brief: Future Perfect" *The Economist,* vol.353, n.8147, (1999) 81-82.
[3]Como se mencionó en el capítulo 1.6, la condición de borde de una opción call europea es: $f = \max(S - X, 0)$ cuando $t = T$
[4]Como se mencionó en el capítulo 1.6, la condición de borde de una opción put europea es: $f = \max(X - S, 0)$ cuando $t = T$

- Los precios de las acciones siguen un Movimiento Browniano Geométrico.
- La tasa libre de riesgo es constante durante la vida de la opción.
- La desviación estándar de los retornos es constante durante la vida de la opción.
- No hay impuestos ni costos de transacción.
- Las acciones no pagan dividendos.
- Las opciones son Europeas.

A pesar de la gran cantidad de supuestos y de que en las cotizaciones reales muchos de ellos son violados, el modelo Black-Scholes tiene gran aceptación.

Como lo dice el último supuesto, este modelo sólo sirve para opciones Europeas. Existe un modelo, que con unas cuantas modificaciones al Modelo Black-Scholes, logra calcular el valor exacto de una acción Americana que paga un único dividendo durante la vida de la opción[5]. A pesar de ello, si se desea valuar opciones Americanas se recomienda utilizar el Modelo Binomial o la Simulación de Monte Carlo, que se presentarán más adelante.

c. Sensibilidad del valor de una opción

Las medidas de sensibilidad permiten determinar cuánto afecta el cambio de una variable al valor de una opción. A partir de la fórmula Black-Scholes se han desarrollado ecuaciones que permiten obtener la sensibilidad a ciertas variables. Estas ecuaciones fueron halladas calculando la derivada parcial de la fórmula de una *call* y una *put* respecto a alguna variable importante. Esto es, analizar el cambio en el valor de la opción al alterar sólo una variable y mantener el resto de las variables iguales.

Al igual que en otros instrumentos financieros, las medidas de sensibilidad también se representan por letras griegas.

i. Delta

---

[5] KOLB, Robert W. *Future, Options & Swaps*, 3ra edición, Blackwell Publishers. 2000, pgs 464-468.

Delta es el cambio en el precio de la opción por un cambio infinitesimal en el precio de la acción. En otras palabras, es la primera derivada del precio de una opción con respecto al valor de la acción.

Los deltas para una *call* y una *put* serán,

$$DeltaCall = N(d1) ,$$

y

$$DeltaPut = N(d1) - 1 .$$

$N(d1)$ es una probabilidad, por lo que DeltaCall siempre será positivo o nulo. Como DeltaCall es mayor que cero, si el precio de la acción aumenta, aumentará también el valor de la *call*.

Dado que $N(d1)$ es una probabilidad, siempre estará entre 0 y 1, por lo tanto DeltaPut será siempre negativo o nulo. Esto implica que si aumenta el precio de la acción, disminuirá el valor de la *put*. Estos resultados confirman los principios de valuación de opciones analizados anteriormente en esta tesis.

El delta no permanece constante a lo largo de la vida de una opción, éste cambiará al disminuirse la vida de la opción, aún si el resto de variables permanecen constantes. Si la opción está *in-the-money* el delta aumentará mientras se reduce la vida de la opción. Si la acción está *out-of-the-money* el delta disminuirá mientras se reduce la vida de la opción.

En general, las medidas de sensibilidad nos permiten aproximar el nuevo valor de una opción al cambiar cierta variable. Para el caso del DeltaCall, se puede aproximar el valor de una opción mediante la siguiente fórmula

$$C \approx C_0 + \delta(S - S_0) ,$$

donde δ es el DeltaCall, C_0 es el valor inicial de la *call*, S_0 el precio inicial de la acción, S el precio final de la acción y C el valor de la opción valuado a partir del precio final de la acción.

Como ilustración digamos que una opción *call* basada en una opción de S/.50.00 está valuada a S/.3.20 y tiene un delta igual a 0.20. Se puede aproximar que si el precio de la acción aumenta a S/.51.00, entonces el valor de la opción será $C = 3.20 + 0.20(51 - 50) = 3.40$.

De la misma manera se puede aproximar el valor de una opción con cualquiera de las letras griegas que se verán a continuación.

ii. Gamma

Gamma es el cambio del delta por un cambio infinitesimal en el precio de la acción. Puesto de otra manera, es la segunda derivada del precio de una opción con respecto al valor de la acción.

La fórmula del gamma será el mismo para una *call* y para una *put*:

$$Gamma = \frac{e^{-d_1^2/2}}{S_0 \sigma \sqrt{2\pi T}}\ .$$

En la fórmula de gamma todos los términos son positivos, por lo tanto, según la fórmula, el gamma será siempre positivo. Lo que significará que el delta aumentará al incrementarse el precio de la acción.

Gamma también cambiará al reducirse la vida de una opción, pero a diferencia de delta, gamma no será siempre creciente o decreciente al reducirse la vida de una opción.

iii. Rho

Rho es el cambio del precio de la opción debido a un cambio infinitesimal en la tasa de interés. En otras palabras, es la derivada parcial del precio de la opción respecto a la tasa de interés.

El valor del Rho será distinto en una opción *call* que en una *put*. Las ecuaciones son:

$$RhoCall = TXe^{-rT} N(d2)$$

$$RhoPut = -TXe^{-rT} \left[1 - N(d2)\right]$$

En la ecuación de RhoCall todos los términos son positivos, así que el RhoCall será positivo. Por lo tanto, un incremento en las tasas de interés aumentará el valor de una opción *call*.

En la ecuación de RhoPut, se tiene el término $[1 - N(d2)]$, que así como $N(d2)$, también es una probabilidad, por lo tanto, variará entre 0 y 1. Así que $[1 - N(d2)]$ será positivo. Dado que la ecuación de RhoPut tiene un signo negativo que la antepone y el resto de términos son positivos, el valor de RhoPut siempre será negativo. Por lo tanto, un incremento en la tasa de interés disminuirá el valor de una *put*.

No obstante, el precio de una opción es poco sensible a los cambio de la tasa de interés, especialmente cuando el precio de la acción está alejado del precio de ejercicio.

iv. Vega

Vega es el cambio del precio de la opción debido a un cambio infinitesimal en la volatilidad de la acción. En términos matemáticos, es la derivada parcial del precio de la opción respecto a la desviación estándar.

El valor de Vega será el mismo para una opción *call* que para una opción *put* y está dado por la siguiente ecuación,

$$Vega = \frac{S_0 \sqrt{T} e^{-d_1^2/2}}{\sqrt{2\pi}}$$

En la ecuación anterior todos los términos son positivos, así que Vega deberá ser positivo, esto es válido para las *calls* y para las *puts*. Esto significa que el valor de una opción, ya sea *call* o *put*, se incrementará al aumentar la volatilidad.

El valor de la desviación estándar será crítico en la determinación del precio de la opción, un pequeño cambio en el valor de la volatilidad podrá llevar a un gran cambio en el precio de la opción.

El precio de una opción y la volatilidad se relacionan casi linealmente, y más aún cuando el precio de la acción es cercano al precio de ejercicio. Esto hace del Vega una buena aproximación del cambio en el precio de la opción, es decir, Vega brindará una buena aproximación del cambio en el precio de la opción aún si el cambio en la volatilidad no es muy pequeño.

v. Theta

Es el cambio del precio de la opción debido a un cambio infinitesimal en el tiempo hasta la expiración. En otras palabras, es el valor negativo la derivada parcial del precio de la opción respecto al tiempo hasta la expiración. El Theta es la única medida de sensibilidad que se calcula derivando y luego multiplicando por menos uno. Esto se debe a que la vida de una opción se reducirá desde el momento en que se crea hasta que expira, el tiempo hasta que expire nunca aumentará. Nos interesa evaluar el precio de una opción a lo largo de su vida, mientras ésta se reduce.

El Theta está dado por

$$ThetaCall = -\frac{S_0 \sigma e^{-d_1^2/2}}{2\sqrt{2\pi T}} - rXe^{-rT} N(d2)\,,$$

y

$$ThetaPut = -\frac{S_0 \sigma e^{-d_1^2/2}}{2\sqrt{2\pi T}} + rXe^{-rT}\left[1 - N(d2)\right].$$

Al observar la ecuación de ThetaCall se podrá notar que éste será siempre negativo, lo que se debe a que al pasar los días las *calls* irán perdiendo progresivamente su valor hasta llegar, en la fecha de expiración, al valor endógeno[6].

El ThetaPut puede ser positivo o negativo, mientras más *in-the-money* se encuentre la *put*, más probable será que el ThetaPut sea positivo.

1.6.2. EL MODELO BINOMIAL

El Modelo Binomial, así cómo el Black-Scholes, parten de la idea de encontrar el precio justo de una opción. A diferencia del Modelo Black-Scholes, donde se tiene una fórmula analítica para valuar opciones, en el Modelo Binomial se lleva a cabo una serie de pasos computacionales.

a. Modelo Binomial de un Solo Período.

El Modelo Binomial de un solo período no es utilizado para valuar opciones, simplemente será presentado como una introducción al Modelo Binomial de Múltiples Períodos o, llamado simplemente, Modelo Binomial.

---

[6] El valor endógeno es el valor de la opción en el momento de la expiración. En el capítulo 1.4.1, sección c. se muestra que el valor endógeno de una opción call es $C(S_T, 0, X) = \max(0, S_T - X)$. En el capítulo 1.4.2, sección c. se muestra que el valor endógeno de una opción put es $P(S_T, 0, X) = \max(0, X - S_T)$.

Se tiene una opción *call* europea con un precio de ejercicio de X. El Modelo Binomial de un solo Período asume que el precio de una acción en la fecha de expiración se puede comportar sólo de dos maneras: o el precio sube un factor u $(u > 1)$, o baja en un factor d $(d < 1)$. Así que el precio de la acción podrá ser: $S_0 u$, si la acción sube; o $S_0 d$, si la acción baja. El precio de la *call* en la fecha de expiración si la acción sube se denotará por C_u, y si la acción baja por C_d. Por lo tanto el precio de la opción *call* en la fecha de expiración podrá ser:

$$C_u = \max(S_0 u - X, 0)$$

o,

$$C_d = \max(S_0 d - X, 0).$$

El modelo se desarrolla bajo el principio que no exista una oportunidad arbitraria de beneficio. Para esto se establece un portafolio en el que no exista incertidumbre acerca del valor del portafolio en la fecha de expiración, y dado que no hay riesgo, el portafolio tendrá un crecimiento igual a la tasa libre de riesgo. Esta tasa será denotada por r.

El portafolio consistirá de una posición corta en una opción y una posición larga en número h de acciones. El valor de este portafolio será $hS - C$. En la fecha de expiración la acción podrá haber subido, en cuyo caso el valor del portafolio se denotará por V_u; o bajado, denotado por V_d. Los posibles valores del portafolio serán:

$$V_u = hSu - C_u$$

o,

$$V_d = hSd - C_d.$$

Se ha establecido que no debe existir incertidumbre acerca del valor del portafolio, esto significa que independientemente de que el precio de la acción suba o baje, el portafolio deberá valer lo mismo. Entonces, se cumplirá que

$$V_u = V_d \,,$$

$$hSu - C_u = hSd - C_d \,,$$

despejando h,

$$h = \frac{C_u - C_d}{Su - Sd} \,.$$

Dado que el valor del portafolio incrementa en una tasa igual a la tasa libre de riesgo, denotada por r, el valor en la fecha de expiración, denotado por V, deberá ser

$$V = (hS - C)(1 + r) \,.$$

Supongamos que la acción sube, entonces el valor del portafolio será $hSu - C_u$. Como los dos valores del portafolio en la fecha de expiración, V_u y V_d, son iguales, se podrá elegir cualquiera de los dos.

Entonces se cumplirá que

$$V(1 + r) = V_u$$

reemplazando,

$$(hS - C)(1 + r) = hSu - C_u \,.$$

Reemplazando el valor de h y despejando C se obtiene

$$C = \frac{pC_u + (1-p)C_d}{1+r},$$

en donde,

$$p = \frac{1+r-d}{u-d}.$$

El Modelo Binomial también sirve para valuar opciones *put*, lo único que varía respecto al modelo anterior es reemplazar C_u por P_u, donde $P_u = \max(X - S_0 u, 0)$, y C_d por P_d, donde $P_d = \max(X - S_0 d, 0)$.

b. Modelo Binomial de Múltiples Períodos

En el Modelo Binomial de un período se asumía que la acción podía subir o bajar una única vez. Para agregar precisión al modelo Binomial se pueden agregar más períodos[7]. No obstante, las fórmulas desarrolladas en la sección anterior sufrirán modificaciones. La fórmula para valuar una *call* europea será

$$C = \frac{\sum_{j=0}^{n} \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} Max\left[Su^j d^{n-j} - X, 0\right]}{(1+r)^n}.$$

Y la fórmula para valuar una *put* europea será

$$P = \frac{\sum_{j=0}^{n} \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} Max\left[X - Su^j d^{n-j}, 0\right]}{(1+r)^n}.$$

[7] Cuando el número de períodos tiende a infinito, el valor que brinda el Modelo Binomial es igual al del Modelo Black-Scholes.

Es posible realizar modificaciones al Modelo Binomial para valuar opciones europeas sobre acciones que pagan dividendos y opciones americanas sobre acciones con o sin dividendos. No obstante, algunas de estas modificaciones incrementan sustancialmente los requerimientos computacionales.

c. Estimación de los Factores u y d

Hasta el momento los factores u y d han sido asumidos como datos, sin embargo, estos factores dependen de la volatilidad, tasa de interés y el número de períodos del modelo. Las fórmulas para valuar los factores son:

$$u = e^{\sigma \sqrt{T/n}} ,$$

y

$$d = 1/u ,$$

donde σ es la volatilidad, T el tiempo hasta la expiración (expresado en la misma unidad de tiempo que la volatilidad y la tasa de interés), y n el número de períodos del Modelo Binomial.

La tasa libre de riesgo a ingresar en el modelo también debe ser modificada de acuerdo al número de períodos que se estén tomando. La fórmula de la tasa libre de riesgo a ingresar al modelo es

$$r_{ModeloBinimial} = (1+r)^{T/n} - 1 .$$

1.6.3. SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

La simulación de Monte Carlo es una técnica estocástica utilizada para resolver problemas matemáticos. Esto significa utilizar números aleatorios y probabilidad para obtener una respuesta.

El teorema del límite central provee información acerca de la magnitud del error después de un número finito de réplicas. Un aspecto que se debe saber de la simulación de Monte Carlo es que el error de la estimación disminuye inversamente a la raíz cuadrada del número de réplicas. En este sentido, para reducir a la mitad el error se deberá tomar 4 veces más muestras, para reducir el error en un decimal se deberá tomar 100 veces más muestras.

El método de Monte Carlo no ofrece grandes ventajas respecto a otros métodos cuando desarrollan modelos que dependen de una sola fuente de aleatoriedad. Por ejemplo, cuando se evalúa el valor de una opción europea únicamente se considera la aleatoriedad del precio de la acción, en este caso es preferible el modelo Black-Scholes. No obstante, al aumentar el número de fuentes de aleatoriedad el error de la estimación seguirá disminuyendo inversamente al número de réplicas, esto hace que la simulación de Monte Carlo sea eficiente evaluando modelos con diversas fuentes de aleatoriedad.

a. Valuación de Opciones Europeas

El principio de la valuación de opciones europeas a través de la simulación de Monte Carlo se basa en obtener el precio de las acciones a partir de números aleatorios, luego obtener el pago de la opción a partir de los precios de las acciones. Esto se repetirá diversas veces para obtener el pago promedio de las opciones, valor que al traerse al presente representa el precio de la opción.

Del Movimiento Browniano Geométrico, presentado anteriormente en este documento, se puede hallar que el precio de una acción para cualquier momento esta dado por

$$S_T = S_0 e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma\varepsilon\sqrt{T}},$$

donde S_0 y S_T son los precios inicial y final de la acción, respectivamente; μ es la tasa de crecimiento continua de la acción, σ es la desviación estándar, T es el tiempo que transcurre entre el momento inicial y el final; y ε es una variable aleatoria normal estándar. Esta ecuación permitirá obtener los precios de las opciones a partir de las variables aleatorias normales.

En concreto, para obtener el valor de una opción se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Generar variables aleatorias de una distribución normal estándar.
2. Calcular el precio de la acción a partir de la variable aleatoria mediante la fórmula $S_T = S_0 e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma\varepsilon\sqrt{T}}$.
3. Estimar el pago de la opción en la fecha de expiración, $C = \max(S_T - X, 0)$ para una *call* europea, o $P = \max(X - S_T, 0)$ para una *put* europea.
4. Repetir los pasos 1, 2 y 3 hasta obtener el número de réplicas deseado.
5. Calcular el valor promedio de los pagos.
6. Traer al presente el valor promedio de los pagos con la tasa libre de riesgo.

b. Generación de variables aleatorias normales correlacionadas

Es común que cuando se simule un portafolio los activos tengan correlación. Si además cada activo se comporta de manera aleatoria según una distribución normal, entonces será necesario generar variables aleatorias normales correlacionadas.

Existe un procedimiento para generar variables aleatorias normales correlacionadas a partir de variables aleatorias normales independientes, este procedimiento es llamado la descomposición de Choleski.

Primero se generan series de variables aleatorias normales independientes, las cuales serán denominadas Z_i. Deberá haber tantas i's como el número de activos del portafolio. Las variables aleatorias correlacionadas serán denominadas X_i y son obtenidas de

$$X_i = \sum_{k=1}^{i} \alpha_{ik} Z_i \ .$$

Además, se deberá cumplir

$$\sum_{k=1}^{i} \alpha_{ik}^2 = 1,$$

y, para todo $j < i$,

$$\sum_{k=1}^{j} \alpha_{ik} \alpha_{jk} = \rho_{ij} ,$$

donde ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre las variables i y j. Resolviendo este sistema de ecuaciones lineales es posible encontrar los X_i buscados, los cuales son las variables aleatorias correlacionadas.

Otro método que nos llevará al mismo resultado, y posiblemente de una manera más eficiente, es mediante algebra matricial y con el apoyo del software Matlab®. Para ello se definirá lo siguiente:

- n es el número de activos del portafolio.
- $Corr$ es una matriz de correlaciones de dimensión $n \times n$, que simétrica.
- Z es la matriz de variables aleatorias estándar independientes. La dimensión de la matriz es $n \times m$, donde m es el número de repeticiones o muestras de aleatorios.

Utilizando el comando de Matlab® "C =chol($Corr$)" se obtiene la matriz C, la cual es la descomposición de Cholesky de la matriz de correlaciones. Luego, se halla la matriz de variables normales estándar correlacionadas, X, mediante la siguiente fórmula:

$$X = (C^T \times Z)^T \text{ .}$$

1.7. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE OPCIONES

Hasta el momento se han analizado las opciones de manera individual, centrándose en la valuación de estos instrumentos financieros. En esta sección se presentarán y analizarán estrategias de acciones y opciones, y se verá cómo se utilizan las opciones en la práctica.

Para cada estrategia se establecerá una ecuación de beneficio en función al precio de la acción en la fecha de expiración. Para simplificar el análisis se tomarán tres supuestos:

- Las opciones son europeas. Esto evitará el tener que considerar la posibilidad de un ejercicio antes de la fecha de expiración.
- No se considerará el valor del dinero en el tiempo. Es decir, se calculará el beneficio simplemente como la resta de los ingresos obtenidos en la fecha de expiración menos el costo de la inversión. Gracias a este supuesto no se tendrá que hallar el valor presente neto de las inversiones.
- No existen costos de transacción ni impuestos.

Para el análisis de cada una de las estrategias se hallará una función del beneficio. Esta ecuación tendrá como variable el precio de la acción en la fecha de expiración. Luego se graficará la ecuación del beneficio para algunos valores posibles de la acción.

La función de beneficio representará la utilidad obtenida después de que las opciones hayan expirado.

Las estrategias pueden ser divididas en cuatro grupos:

- Estrategias con una acción
- Estrategias con una opción
- Estrategias con una acción y una opción
- Estrategias avanzadas de opciones

1.7.1. ESTRATEGIAS CON UNA ACCIÓN

a. Compra de Acción

Esta es la estrategia más común y es también la más simple del mercado de acciones y de opciones en cuestiones de cálculo de la utilidad.

La compra de una acción es una estrategia que se puede clasificar como estrategia alcista, ya que el inversionista compra la acción con la esperanza que el precio de ésta se incremente.

La ecuación de beneficio será

$$\Pi = S_T - S_0 .$$

Por lo tanto la ecuación de beneficio es proporcional al precio final de la acción, representado por S_T .

El inversionista sólo logrará tener beneficios si el precio de la acción en el momento en que cierra la posición, es decir en el que vende la acción, es mayor que el precio al que compró la acción, S_0 .

Para esta estrategia y para las siguientes se utilizará como ejemplo una acción de Credicorp, cuyo precio es de $12.41. En las estrategias que involucren opciones se considerará que la volatilidad anual de la acción es 40%, la tasa libre de riesgo continua es de 3% y la vida de la opción es 0.173 años.

Si se comprase una acción de Credicorp la gráfica de beneficio sería la siguiente:

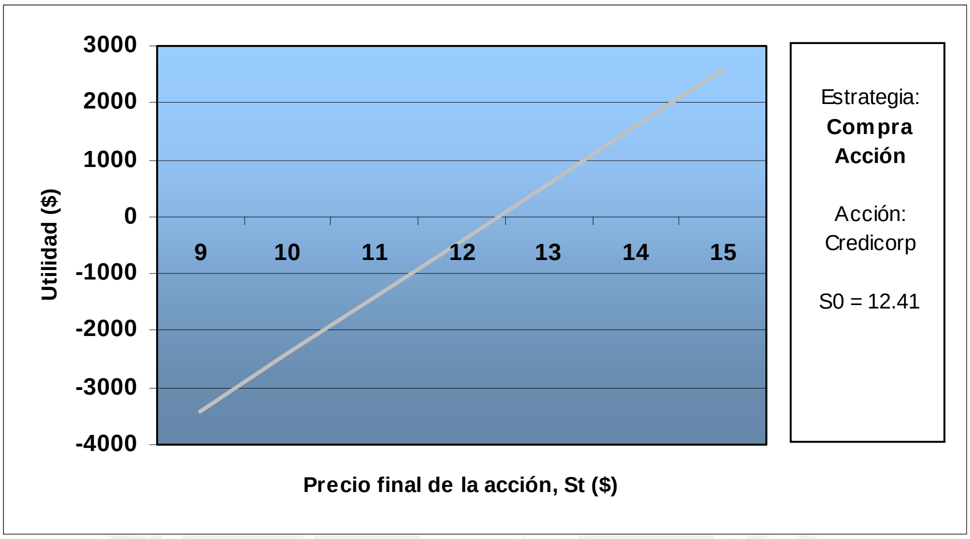


Gráfico 4: Función de utilidad de la estrategia de comprar una acción

b. Venta en Corto de una Acción

Una venta en corto es cuando un inversionista se presta una acción que no posee, e inmediatamente la vende. Evidentemente, la acción tendrá que ser comprada en el futuro y devuelta al dueño original. El vendedor en corto, por regla deberá dejar un monto de dinero en su propia cuenta mientras mantenga la posición corta. Dicho dinero es mantenido en la cuenta para asegurar que más tarde se podrá comprar la acción vendida en corto para cerrar la posición.

El vendedor en corto tiene la esperanza que la acción baje de precio para poder obtener ganancias. Por ejemplo, un inversionista podría vender en corto 1,000 acciones de Credicorp cuando ésta cotiza en $12.41, lo que le costaría $12 410. Digamos que se cumplen los pronósticos del inversionista y el precio de la acción disminuye. Cuando la acción cotiza en $11.00 el inversionista decide cerrar la posición, por lo que pagará $11 000 para comprar las acciones y devolverlas al dueño original. De esta manera el inversionista tendrá una utilidad de $12,410 – $11,000 = $1,410.

La ecuación de beneficio será inversamente proporcional al precio de la acción, y la gráfica será la imagen inversa de la gráfica de beneficio al comprar una acción.

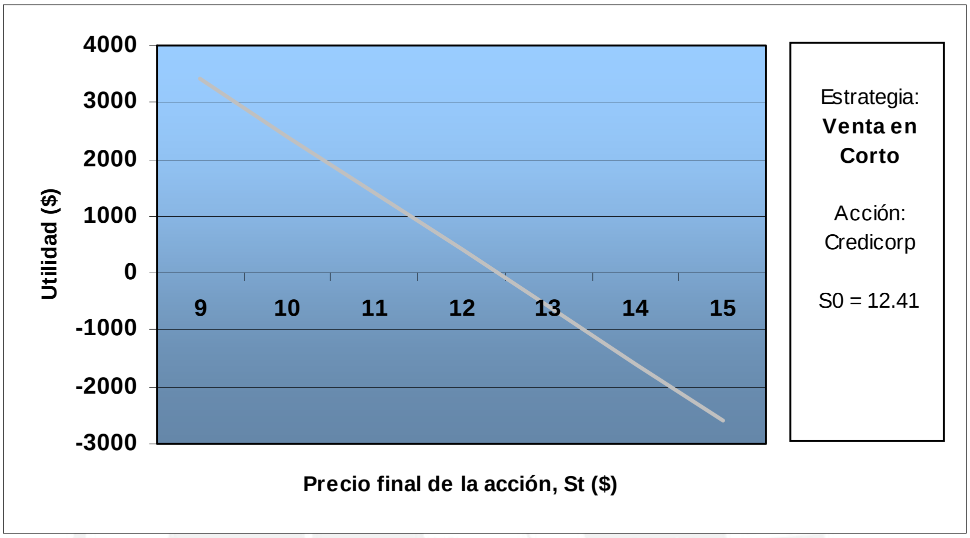


Gráfico 5: Función de utilidad de la estrategia de vender en corto una acción

1.7.2. ESTRATEGIAS CON UNA OPCIÓN

Recordemos que existen dos clases de opciones: las opciones *call* y las opciones *put*. Con cada clase de opción es posible establecer dos estrategias: compra y venta. En consecuencia, se pueden establecer cuatro estrategias que involucren únicamente opciones.

a. Comprar una Opción Call

Al comprar una opción *call* se adquiere el derecho de elegir si se desea comprar una acción o no, al precio de ejercicio X. Al adquirir la opción el comprador deberá pagar el costo de la opción, C. Si el precio de la acción en la fecha de expiración es mayor que el de ejercicio, es decir $S_T > X$, el comprador ejercitará la opción y obtendrá una utilidad de $S_T - X$. En ese caso la utilidad será

$$\Pi = (S_T - X) - C\ , \qquad\qquad S_T > X\ .$$

En el caso que el precio de la acción sea menor que el de ejercicio, $S_T < X$, el comprador no ejercitará la opción, por lo que ni recibirá ni otorgará dinero en la fecha de expiración. Ya que el comprador tuvo que pagar el precio de la opción para establecer la estrategia, la utilidad sería

$$\Pi = -C\ , \qquad\qquad S_T < X\ .$$

Estas dos ecuaciones se puede expresar mediante la siguiente ecuación

$$\Pi = \max(S_T - X, 0) - C\ .$$

Se graficará la función de utilidad de la compra de una opción *call*, utilizando como ejemplo la opción de Credicorp con las condiciones mencionadas en la estrategia de compra de una acción, es decir, la volatilidad anual de la acción es 40%, la tasa libre de riesgo continua es 3% y la vida de la opción es 0.173 años.

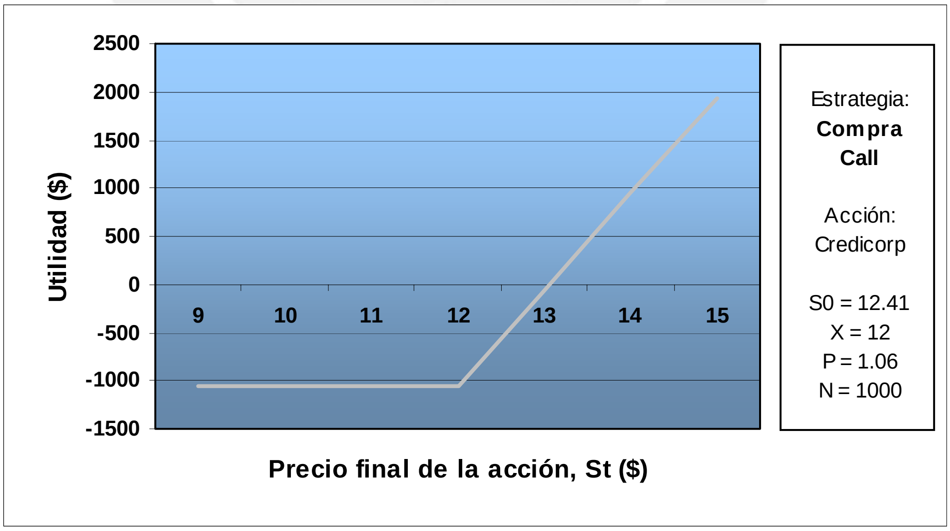


Gráfico 6: Función de utilidad de la estrategia de comprar una opción *call*

El punto de equilibrio de esta estrategia, que es el precio mínimo a partir del cual se obtienen ganancias, se puede calcular igualando la ecuación de beneficio a cero. Si se observa la gráfica se podrá ver que el precio de la acción en el punto de equilibrio está por encima del precio de ejercicio de $X = 12$. Entonces, en la ecuación de utilidad, $\max(S_T^* - X, 0) = S_T^* - X$.

Al igualar la ecuación a cero,

$$\Pi = S_T^* - X - C = 0 \, ,$$

$$S_T^* = X + C \, .$$

Note que para ganar dinero no es suficiente que la opción sea ejercida, sino que el precio final de la acción sea superior al precio de ejercicio en un monto igual al pagado para adquirir la opción. En nuestro ejemplo sólo se logrará ganar dinero si $S_T^* > 12 + 1.06 = 13.06$

b. Escribir una Opción Call

El escribir una opción *call* es también llamado vender una opción *call*. En esta estrategia el que escribe la opción se compromete a vender una acción al precio de ejercicio X , en el caso que la contraparte lo solicite.

Esta es una estrategia de alto riesgo, ya que en el caso que la opción sea ejercida el vendedor de la opción se verá en la obligación de entregar una acción que no posee. Para poder entregarla, el que escribió la opción *call* tendrá que comprar la acción al precio del mercado.

Para analizar la estrategia de escribir una opción *call* simplemente se tiene que examinar la estrategia de compra de una opción *call* desde el punto de vista de la contraparte.

Al escribir la opción se recibirá el costo de la opción, C. Si el precio de la acción en la fecha de expiración es mayor que el de ejercicio, es decir $S_T > X$, la opción será ejercida y tendrá que pagar $S_T - X$. En ese caso la ecuación de utilidad será

$$\Pi = C - (S_T - X), \qquad S_T > X .$$

En el caso que el precio de la acción sea menor que el de ejercicio, $S_T < X$, la opción no será ejercida, por lo que ni recibirá ni otorgará dinero en la fecha de expiración. Esta es la situación que le conviene al que escribe la *call*, ya que el único flujo de efectivo que habrá en la estrategia será el precio de la acción que recibe el que escribe la *call*. De tal manera que la utilidad sería

$$\Pi = C , \qquad S_T < X .$$

Estas dos ecuaciones se pueden expresar mediante la siguiente ecuación

$$\Pi = C - \max(S_T - X, 0) .$$

La ganancia que tiene el inversionista que vende una *call* es igual a la pérdida del que la compra, y viceversa. Por lo tanto, la ecuación de utilidad de la venta de una opción *call* es igual a la de la compra de una opción *call* multiplicada por menos 1.

La siguiente gráfica muestra la estrategia de venta de una opción *call*.

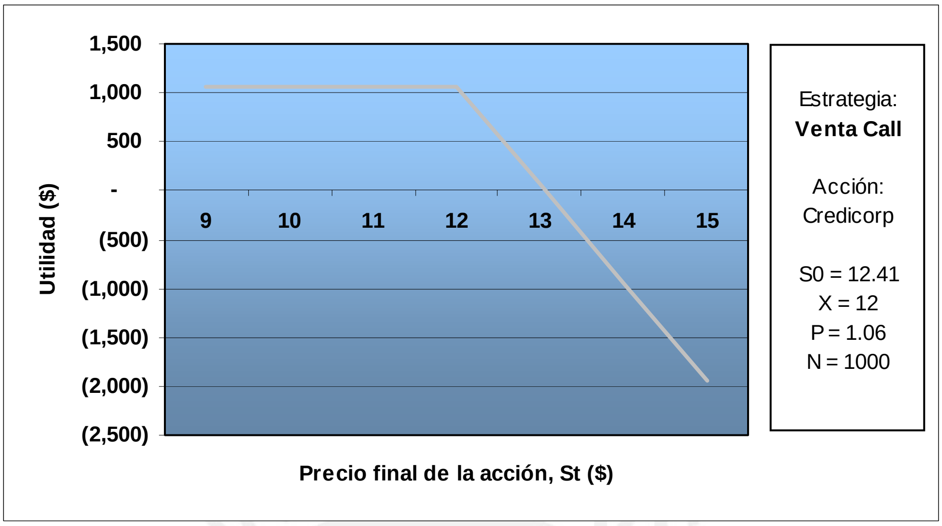


Gráfico 7: Función de utilidad de la estrategia de vender una opción *call*

Se debe notar que el punto de equilibrio para el que escribe la acción debe ser igual al punto de equilibrio del que compra la acción, que es $S_T^* = X + C$. La diferencia entre el que compra y el que escribe la *call* radica en que el que la compra espera que el precio de la acción sea superior al punto de equilibrio para poder ganar dinero, mientras que el que escribe la *call* espera que el precio sea inferior al punto de equilibrio.

En el ejemplo de la acción de Credicorp sólo se logrará ganar dinero si $S_T^* < 12 + 1.06 = 13.06$.

c. Comprar una Opción Put

Al comprar una opción *put* se adquiere el derecho de elegir si se desea vender una acción o no, al precio de ejercicio X. El comprador, en el momento que adquiere la opción, deberá pagar P. Si el precio de la acción en la fecha de expiración es menor que el de ejercicio, es decir $S_T < X$, el comprador ejercitará la opción y obtendrá una utilidad de $X - S_T$. En ese caso la utilidad será

$$\Pi = (X - S_T) - P, \qquad S_T < X.$$

En el caso que el precio de la acción sea mayor que el de ejercicio, $S_T > X$, el comprador de la opción no la ejercitará. Esto se debe a que si la ejercitase estaría recibiendo una cantidad de dinero X por una acción de mayor valor, S_T. Al no ejercitar la opción no se recibirá ni se otorgará dinero en la fecha de expiración. De tal manera que la utilidad sería

$$\Pi = -P, \qquad\qquad S_T > X .$$

Expresando ambas ecuaciones juntas

$$\Pi = \max(X - S_T, 0) - P .$$

La gráfica de la compra de una opción *put* es

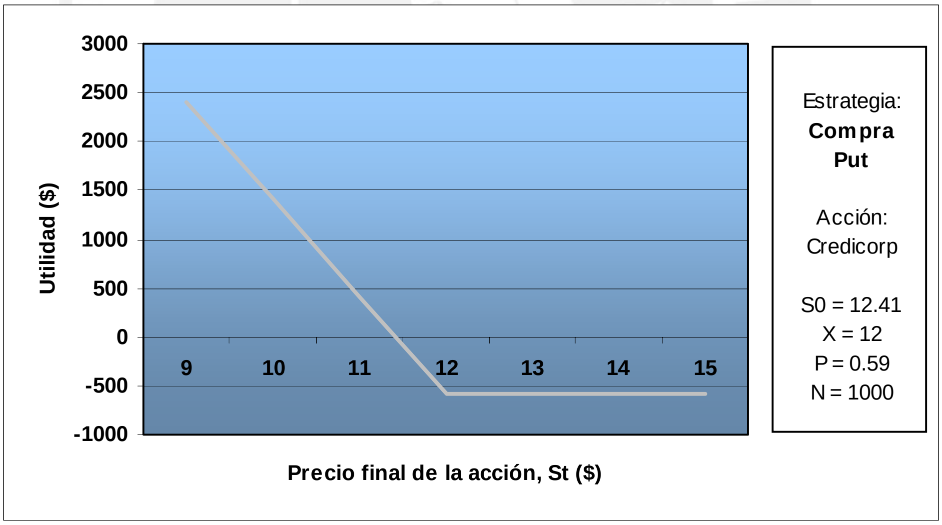


Gráfico 8: Función de utilidad de la estrategia de comprar una opción *put*

Para calcular el punto de equilibrio se iguala la ecuación de beneficio a cero. En la gráfica se observa que en el punto de equilibrio, S_T^*, el precio de la acción es menor que $X = 12$, entonces, en la ecuación de utilidad, $\max(X - S_T^*, 0) = X - S_T^*$.

Al igualar la ecuación a cero,

$$\Pi = X - S_T^* - P = 0 \ ,$$

$$S_T^* = X - P \ .$$

Por lo tanto, para tener ganancias $S_T^* < 12 - 0.59 = 11.41$

d. Escribir una Opción Put

El inversionista que escribe una opción *put* se compromete a comprar una acción al precio de ejercicio X , en el caso que la contraparte lo solicite.

Los flujos de caja de esta estrategia son opuestos a los de la compra de una opción *put*. La persona que escribe la *put* recibirá del comprador un monto igual a P . Si en la fecha de expiración el precio final de la acción es menor que el precio de ejercicio, el comprador de la opción decidirá ejercitarla. Esto obligará al que escribió la *put* a comprar la acción a un monto igual a X , en vez de comprarla al valor de mercado, S_T . Bajo esa condición la función de utilidad será

$$\Pi = P - (X - S_T) \ , \qquad S_T < X \ .$$

Si en la fecha de expiración el precio final de la acción, S_T , es mayor que el precio de ejercicio, X , el comprador de la opción decidirá no ejercitarla, y no habrá ningún movimiento de fondos en la fecha de expiración. La utilidad sería al monto que se recibió al escribir la opción.

$$\Pi = P \ , \qquad S_T > X \ .$$

La siguiente ecuación es la función de utilidad para cualquier valor de S_T .

$$\Pi = P - \max(X - S_T, 0).$$

La gráfica es,

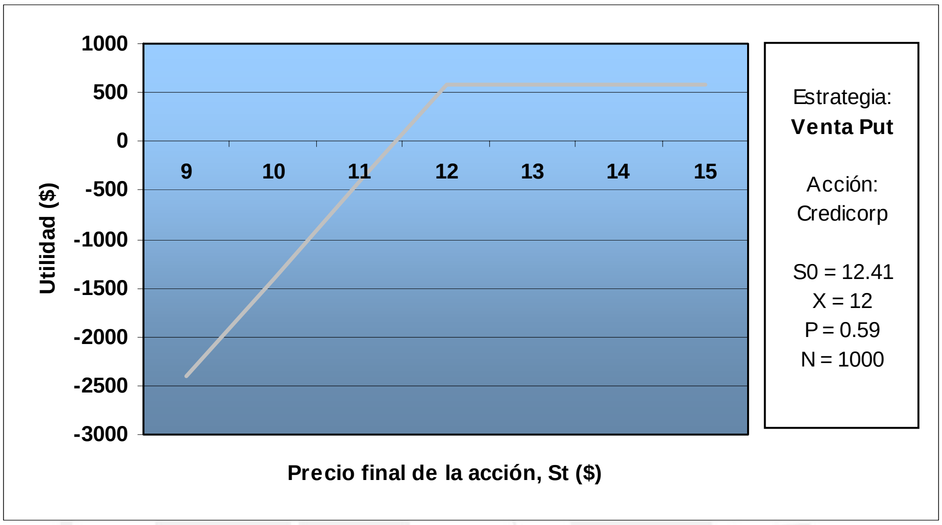


Gráfico 9: Función de utilidad de la estrategia de vender una opción *put*

El punto de equilibrio será el mismo que el de la estrategia de compra de una opción *put*, $S_T^* = X - P$.

1.7.3. ESTRATEGIAS CON UNA ACCIÓN Y UNA OPCIÓN

En las dos secciones anteriores, "Estrategias con una acción" y "Estrategias con una opción", se han revisado todas las posibles estrategias que involucran un único instrumento, ya sea sólo una acción o sólo una opción. En esta sección y en la siguiente se presentará una gama de diferentes estrategias creadas a partir de combinaciones de las estrategias examinadas en la sección anterior.

a. Covered Call

La estrategia de *covered call* consiste en comprar una acción y escribir una opción *call*. Recuerde que cuando se explicó la estrategia de escribir una *call* se mencionó que es una estrategia de alto riesgo, ya que en el caso que la opción sea ejercida el vendedor de la opción se verá en la obligación de entregar una acción que no posee, por lo que tenía que comprarla a precio de mercado. La *covered call* elimina el riesgo de comprar la acción a un precio desfavorable, ya que si la *call* escrita es ejercida, sencillamente se entregará la acción que ya se posee.

Para hallar la función de utilidad simplemente se tendrán que sumar las funciones de utilidad de comprar una acción y de escribir una *call*.

$$\Pi = (S_T - S_0) + C - \max(S_T - X, 0) .$$

Comprar acción + Escribir *call*

En el caso que $S_T < X$, la opción no será ejercida. Finalizada la vida de la opción el inversor permanecerá con la acción. La utilidad será de

$$\Pi = S_T - S_0 + C , \qquad S_T < X .$$

En el caso contrario, si $S_T > X$, la opción será ejercida. El inversor entregará la acción que posee y la utilidad será de

$$\Pi = X + C - S_0 , \qquad S_T > X .$$

La gráfica de utilidad de esta estrategia es la siguiente

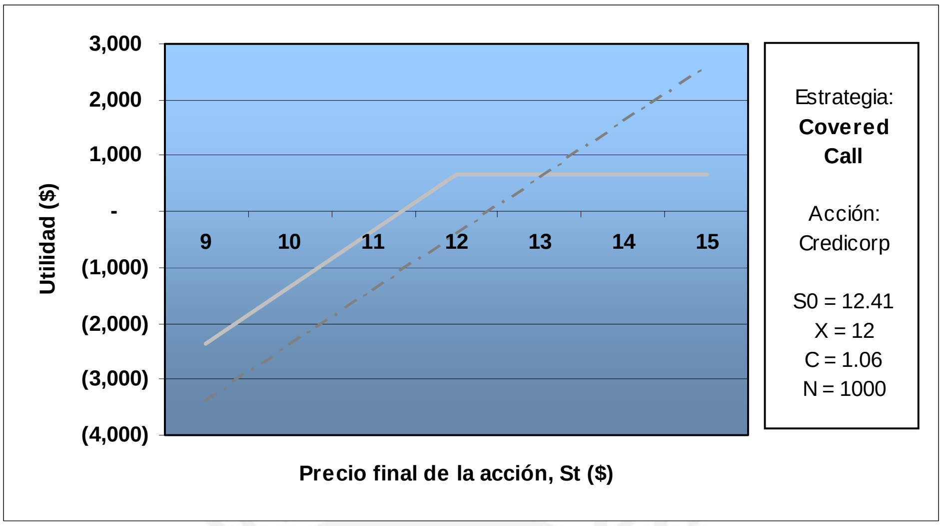


Gráfico 10: Función de utilidad de la estrategia *covered call*

La línea sólida muestra las ganancias de la *covered call* y la línea discontinua muestra las ganancias de la estrategia de comprar una acción.

El punto de equilibrio será $S_T^* = S_0 - C$. Basta que el precio de la acción no disminuya en una cantidad mayor que C para poder tener utilidades positivas. Para el ejemplo de Credicorp, si el precio de la acción se mantiene por encima de $12.41 - 1.06 = 11.35$

b. Protective Put

La estrategia *protective put* consiste en comprar una acción y comprar una opción *put*. Esta estrategia funciona como si se comprase un seguro para la acción. Si el precio de la acción cae lo suficiente el seguro cubrirá las pérdida, es decir, se ejercitará la opción *put* con lo que se perderá la acción y se recibirá un monto de dinero igual a X . Si el precio de la acción crece, el seguro no será utilizado y simplemente las utilidades serán reducidas por el costo de la prima, que es el valor de la opción *put*.

Se sumará las funciones de utilidad de la compra de una acción y de la compra de una opción *put* para calcular la utilidad de la *protective put*.

$$\Pi = S_T - S_0 + \max(X - S_T, 0) - P \,.$$

Comprar Acción + Comprar Put

Si $S_T < X$ se ejercitará la *put* y se venderá la opción que se posee a un precio de X, la utilidad no dependerá del precio final de la acción.

$$\Pi = X - S_0 - P \,, \qquad S_T < X \,.$$

Si $S_T > X$ la opción *put* no se ejercitará y simplemente se restará el costo de la prima a la utilidad (o pérdida) de la compra de una acción.

$$\Pi = S_T - S_0 - P \,, \qquad S_T > X \,.$$

Graficando la función de utilidad,

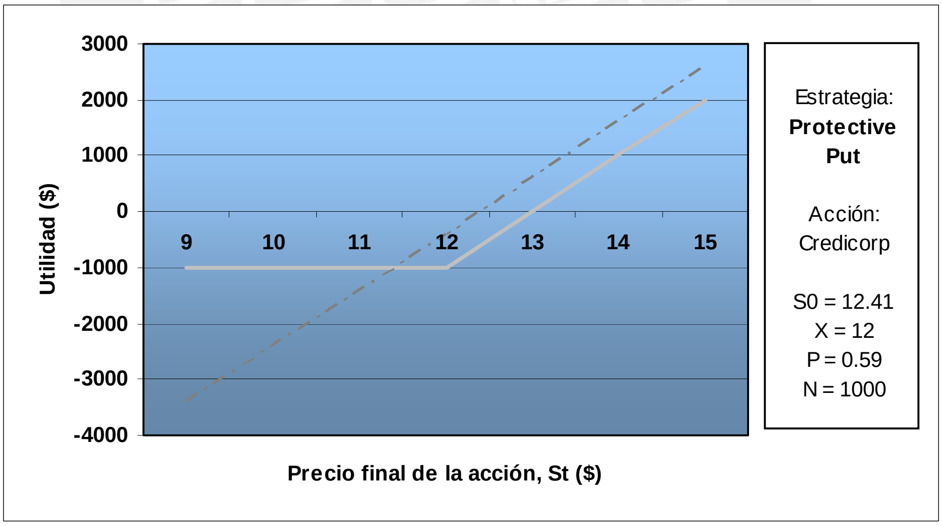


Gráfico 11: Función de utilidad de la estrategia *protective put*

La línea continua es la utilidad de la *protective put* y la línea discontinua es la de la compra de una acción.

El punto de equilibrio de esta estrategia será $S_T^* = S_0 + P$. Así que si el precio de la acción no se incrementa por lo menos en P, no se logrará obtener ganancias. En el ejemplo, el precio de la acción de Credicorp tendrá que subir desde 12.41 hasta $12.41 + 0.59 = 13.00$ para no tener pérdidas.

1.7.4. ESTRATEGIAS AVANZADAS DE OPCIONES

Un *spread* es la compra de una opción y la venta de otra opción, siendo ambas opciones sobre la misma acción. Si las opciones difieren únicamente en el precio de ejercicio será un *money spread*. Por ejemplo, un inversor podría comprar una opción *call* de Buenaventura con un precio de ejercicio de 25 que expira en Diciembre, y vender una opción *call* con un precio de ejercicio de 30 que también expira en Diciembre.

Otro tipo de *spread* es el calendar *spread*. Al comprar y vender dos opciones con diferentes fechas de expiración se está utilizando el calendar *spread*. Ambas opciones deben tener todas las características iguales salvo la fecha de expiración. Por ejemplo, el inversionista podría comprar la opción *call* de Buenaventura con un precio de ejercicio de 25 que expira en diciembre, y vender una opción *call* con un precio de 25 que expira en enero. Por razones de simplicidad, no se analizarán los calendar *spread*.

Un tercer tipo de estrategias es comprar en un mismo momento un número de *calls* y de *puts* con parámetros iguales, es decir, misma acción, misma fecha de expiración y mismo precio de ejercicio. Este tipo de estrategias son las tres últimas de la presente sección.

a. Bull Spreads

La estrategia de *bull spreads* es una estrategia de *spread* alcista, es decir, un *spread* en el cual se ganará si la acción sube de precio. Los *bull spreads* pueden ser creados tanto con *calls* como con *puts*, sin embargo, en los mercados de opciones es más común que involucren *calls*. Esto se debe a que con opciones americanas existe el riesgo que la contraparte decida ejercitar las opciones antes de la fecha de expiración. Con opciones europeas no existe este riesgo, sin embargo, dado que tanto con *call bull spreads* y *put bear spreads* se logran resultados similares, se analizará únicamente el *bull spread* más común, es decir, el *call bull spread*. Por ello sólo se hará una breve descripción de la *put bull spreads* después de analizar el *call bull spread*.

El *call bull spread* consta de una posición larga en opción *call* con un precio de ejercicio X_1 y una posición corta en una opción *call* con un precio de ejercicio X_2, donde $X_1 < X_2$. Por lo tanto, el *call bull spread* es un *spread* con posición neta larga. Esto se explica debido a que la *call* que se compra tiene el precio de ejercicio menor que el de la *call* que se escribe, entonces la prima que se paga por la opción comprada será mayor que la prima que se recibe por la *call* escrita.

La función de utilidad será la suma de la función de utilidad de comprar una opción *call* con precio de ejercicio igual a X_1 y la de escribir una *call* con precio de ejercicio igual a X_2.

$$\Pi = \max(S_T - X_1, 0) - C_1 - \max(S_T - X_2, 0) + C_2 .$$

Comprar *call* X1 + Escribir *call* X2

En el caso que $S_T < X_1 < X_2$, ninguna opción se ejercitará y el flujo de caja de la estrategia será la diferencia entre la prima pagada, C_1, y la prima recibida, C_2.

$$\Pi = -C_1 + C_2 , \qquad S_T < X_1 < X_2 .$$

Dado que la prima pagada es mayor que la prima recibida, el resultado será una pérdida.

Si $X_1 < S_T < X_2$, sólo será ejercitada la opción comprada. La utilidad será

$$\Pi = S_T - X_1 - C_1 + C_2 , \qquad X_1 < S_T < X_2 .$$

Este es el único rango donde la utilidad tiene una relación lineal con el precio de la acción. Para cualquier precio final de la acción fuera de éste rango, la utilidad o pérdida será constante.

El último escenario es aquel en el que el precio final de la acción excede ambos precios de ejercicio, o $X_1 < X_2 < S_T$. Ambas opciones serán ejercitadas, el flujo de caja de la estrategia será positivo e igual a

$$\Pi = X_2 - X_1 - C_1 + C_2 .$$

Las tres ecuaciones anteriores constituyen el siguiente gráfico

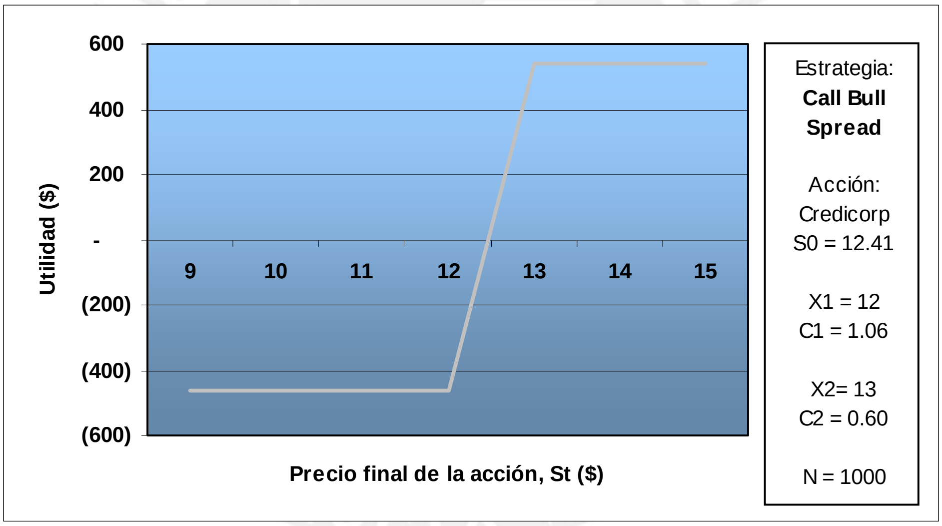


Gráfico 12: Función de utilidad de la estrategia *call bull spread*

El punto de equilibrio es aquel en el que se cumpla

$$\Pi = S_T^* - X_1 - C_1 + C_2 = 0 ,$$

despejando S_T^*,

$$S_T^* = X_1 + C_1 - C_2 .$$

En el ejemplo el punto de equilibrio es $12 + 1.06 - 0.60 = 12.46$.

Se mencionó anteriormente que se puede elaborar un *bull spread* con *puts*. La *put bull spread* es aquella estrategia en la que se compra una *put* con un precio de ejercicio bajo y se escribe una *put* con un precio de ejercicio alto. Esta estrategia tiene una función de utilidad muy similar a la de la *call bull spread*, especialmente cuando la tasa libre de riesgo es cercana a cero. Debido a que es más común utilizar la *call bull spread* y ambas estrategias producen resultados similares, no se analizará más profundamente la *put bull spread*.

b. Bear Spreads

La estrategia de *bear spreads* es una estrategia de *spread* que apuesta a la baja del precio de la acción. Los *bear spreads* pueden ser creados tanto con *calls* como con *puts*, sin embargo, los inversionistas que utilizan el *bear spread* lo suelen hacer con *puts*.

El *put bear spread* consta de una posición corta en opción *put* con un precio de ejercicio X_1 y una posición larga en una opción *put* con un precio de ejercicio X_2, donde $X_1 < X_2$.

Como se mencionó, también es posible construir un *bear spread* con *calls*. Para ello se tendrá que comprar una *call* con un precio de ejercicio alto y escribir una *call* con un bajo precio de ejercicio. Pero sólo se analizará el *put bear spread*, debido a que éste y el *call bear spread* generan resultados similares, pero es el *put bear spread* el que se utiliza comúnmente.

Un *put bear spread* es un *spread* con posición neta larga. Esto es debido a que la *put* que se compra tiene el precio de ejercicio mayor que la *put* que se escribe, por lo cual la prima que se paga por la opción comprada será mayor que la prima que se recibe por la *put* escrita.

Para hallar la función de utilidad se sumará la función de utilidad de comprar una opción *put* más la función de utilidad de escribir una opción *put*.

$$\Pi = -\max(X_1 - S_T, 0) + P_1 + \max(X_2 - S_T, 0) - P_2$$

Escribir *put* X1 + Comprar *put* X2

En el caso que $S_T < X_1 < X_2$, ambas opciones serán ejercitadas y se tendrán utilidades positivas iguales a

$$\Pi = X_2 - X_1 + P_1 - P_2, \qquad S_T < X_1 < X_2.$$

Si $X_1 < S_T < X_2$, sólo será ejercitada la opción escrita. La utilidad será

$$\Pi = P_1 - S_T + X_2 - P_2, \qquad X_1 < S_T < X_2.$$

Si $X_1 < X_2 < S_T$ ninguna opción será ejercitada, y se tendrá una pérdida de

$$\Pi = P_1 - P_2, \qquad X_1 < X_2 < S_T.$$

Graficando la función de utilidad

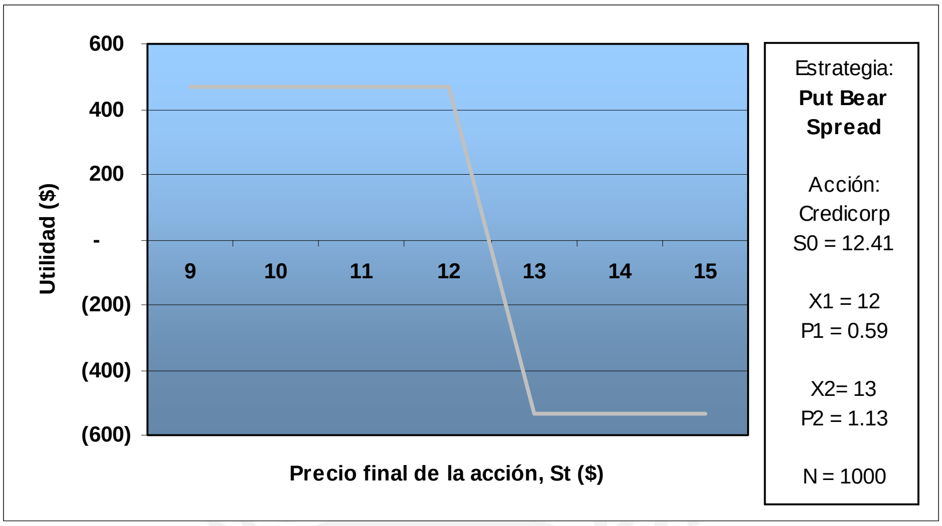


Gráfico 13: Función de utilidad de la estrategia *put bear spread*

El punto de equilibrio será

$$S_T^* = X_2 + P_1 - P_2 .$$

En el gráfico el punto de equilibrio se encuentra en $S_T^* = 13 + 0.59 - 1.13 = 12.46$.

c. Collar

El *collar* consiste en comprar una acción, comprar una opción *put* y escribir una opción *call* con un precio de ejercicio más alto que el de la *put* comprada.

Puede ser tanto de posición neta larga, como corta. Para analizar la posición neta se deberá recordar que entre menor sea el precio de ejercicio de una *call*, mayor será la prima pagada por ella; y mientras mayor sea el precio de ejercicio de una *put*, más será la prima de la *put*. Por lo tanto, si la *put* y la *call* tienen precios de ejercicio considerablemente más bajos que el precio inicial de la acción, $X_1 < X_2 << S_0$, la prima pagada por la *put* será pequeña y la prima recibida por la *call* será grande, entonces se tendrá una posición neta corta. Por el otro lado, si la *put* y la *call* tiene precios de ejercicio considerablemente mayores al precio inicial de la acción, $S_0 << X_1 < X_2$, la prima pagada por la *put* será grande y la prima recibida por la *call* será pequeña, lo que sería una posición neta larga.

La función de utilidad será la suma de la compra de una acción, la compra de una *put* y la estrategia de escribir una *call*,

$$\Pi = (S_T - S_0) + \max(X_1 - S_T, 0) - P_1 - \max(S_T - X_2, 0) + C_2 .$$

Comprar Acción + Comprar Put X1 + Escribir Call X2

En el caso que $S_T < X_1 < X_2$, se ejercitará únicamente la opción *put*, siendo la ecuación utilidad constante,

$$\Pi = X_1 - S_0 - P_1 + C_2 .$$

Si $X_1 < S_T < X_2$, no convendrá ejercitar ninguna opción, éste es el rango en el que la utilidad no es constante,

$$\Pi = S_T - S_0 - P_1 + C_2 .$$

Por último, si $X_1 < X_2 < S_T$, se ejercitará la *call* y la *put* expirará sin ser ejercida, la utilidad nuevamente será constante,

$$\Pi = X_2 - S_0 - P_1 + C_2 .$$

Al observar la utilidad en el rango $X_1 < S_T < X_2$, uno se puede percatar de que si elige un precio de ejercicio de la *call*, o de la *put*, tal que ambas opciones cuesten lo mismo, $P_1 = C_2$, estos dos términos se anularán entre sí y la función de utilidad será

$$\Pi = S_T - S_0 , \qquad X_1 < S_T < X_2 ,$$

que es igual a la función de utilidad de comprar una acción. Si ya se posee la acción no existirá ningún flujo de caja al crear un *collar* con esta particularidad, el único momento en el que se pague o se reciba dinero será en la fecha de expiración. Por esta razón este tipo de estrategia es llamado un *collar* con costo cero.

Una desventaja al intentar establecer un *collar* con costo cero es que difícilmente los precios de ejercicio de ambas opciones estarán estandarizados, por lo que una de las opciones tendrá que ser negociada en el mercado *over-the-counter*. Veamos el siguiente ejemplo para aclarar este punto, asumamos que un inversionista quiere crear un *collar* con costo cero, elige una acción de Credicorp con precio inicial de $S_0 = 12.41$, y decide que el precio de ejercicio de la *put* a comprar es $X_1 = 11$. Con estas condiciones la opción *put* tendrá una prima de $P_1 = 0.25$. El inversionista deberá encontrar un precio de ejercicio de la *call* a escribir, X_2, que sea tal que la prima de la *call* sea igual 0.25. El precio de ejercicio que satisface esta condición es $X_2 = 14.33$. Este precio de ejercicio no es estandarizado, esto significa que la bolsa de opciones probablemente ofrecerá opciones con precio de 14 y con precio de 15, pero no con un precio de 14.33. Por esta razón se deberá encontrar a otro inversionista en el mercado *over the counter* que esté dispuesto a comprar una opción *call* con precio de ejercicio igual a 14.33.

La gráfica de la función de utilidad del *collar* de costo cero descrito en el párrafo anterior es

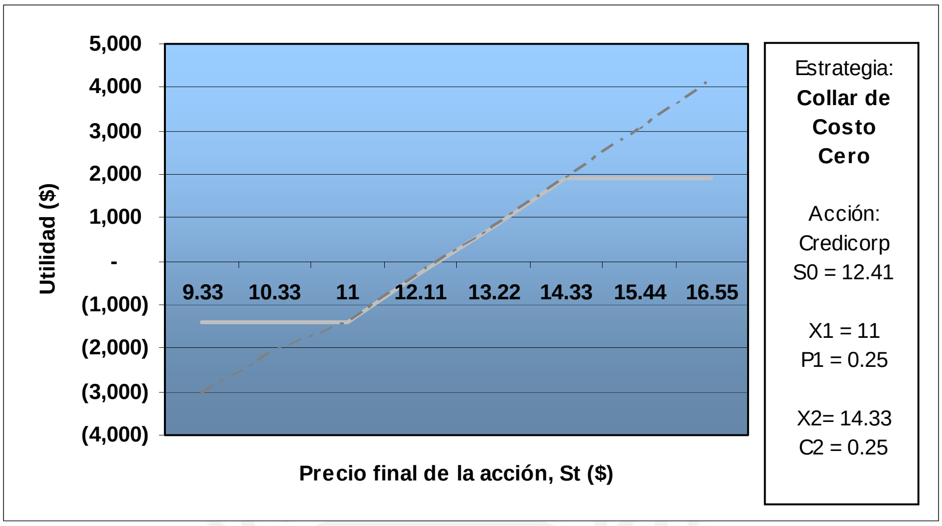


Gráfico 14: Función de utilidad de la estrategia *collar* de costo cero

Como esta estrategia, en su rango de utilidad variable, es igual a la compra de una acción, su punto de equilibrio será el mismo que el de la compra de una acción. Así el punto de equilibrio será $S_T = S_0$.

d. Butterfly Spreads

Todas las estrategias analizadas hasta el momento han sido estrategias en las que el inversionista trataba de predecir la dirección del precio futuro de la acción, no era tan importante tener una predicción precisa del precio final, sino simplemente intuir si este precio subiría o bajaría. Este no es el caso en el *butterfly spread*, para esta estrategia es importante tener una predicción precisa del precio final de la acción; por cada céntimo en el que se equivoque la predicción, las utilidades disminuirán.

El *butterfly spread* es creado con tres opciones de precios distintos. Puede involucrar tres opciones *call* o tres opciones *put*. En la presente investigación se analizará el *call butterfly spread*. Esta estrategia consiste en comprar dos *calls* con precios de ejercicio distintos y escribir dos *call* con precio de ejercicio igual al promedio de los otros dos precios de ejercicio. La función de utilidad será la compra de una *call* con precio de ejercicio X_1 más escribir dos *calls* con un precio de X_2 más comprar una *calls* con precio de ejercicio X_2. Matemáticamente,

$$\Pi = \max(S_T - X_1, 0) - C_1 - 2\max(S_T - X_2, 0) + 2C_2 + \max(S_T - X_3, 0) - C_3$$

Compra Call X1 + 2 * Escribir Call X2 + Compra Call X3

En el caso que el precio de la acción en la fecha de expiración sea muy bajo, $S_T < X_1 < X_2 < X_3$, ninguna *call* será ejercitada y el único flujo será el pago y cobro de las primas.

$$\Pi = -C_1 + 2C_2 - C_3, \qquad S_T < X_1 < X_2 < X_3.$$

Si el precio de la acción es únicamente mayor a X_1, es decir $X_1 < S_T < X_2 < X_3$, el inversionista que establece la *butterfly* ejercitará la opción con X_1 será ejercitada y la utilidad variará en función al precio final de la acción.

$$\Pi = S_T - X_1 - C_1 + 2C_2 - C_3, \qquad X_1 < S_T < X_2 < X_3.$$

Si el precio de la acción es mayor a X_1 y a X_2, es decir $X_1 < X_2 < S_T < X_3$, el inversionista que establece la *butterfly* ejercitará la opción con X_1, la contraparte ejercitará las dos opciones con X_2, y la utilidad variará de manera inversa al precio final de la acción.

$$\Pi = -S_T - X_1 + 2X_2 - C_1 + 2C_2 - C_3, \qquad X_1 < X_2 < S_T < X_3.$$

Así que en estos dos últimos rangos la utilidad varía con el precio final de la acción. Si sólo se ejercita la opción con el precio de ejercicio más bajo, la utilidad incrementará con el incremento del precio de la acción. Si se ejercitan las opciones con los dos menores precios de ejercicio, la utilidad decrecerá con el incremento del precio de la acción.

En el caso que el precio de la acción sea mayor a todos los precios de ejercicio, es decir $X_1 < X_2 < X_3 < S_T$, todas las opciones serán ejercitadas. La función de utilidad en este rango será constante, e igual a

$$\Pi = -X_1 + 2X_2 - X_3 - C_1 + 2C_2 - C_3, \qquad X_1 < X_2 < X_3 < S_T.$$

Graficando,

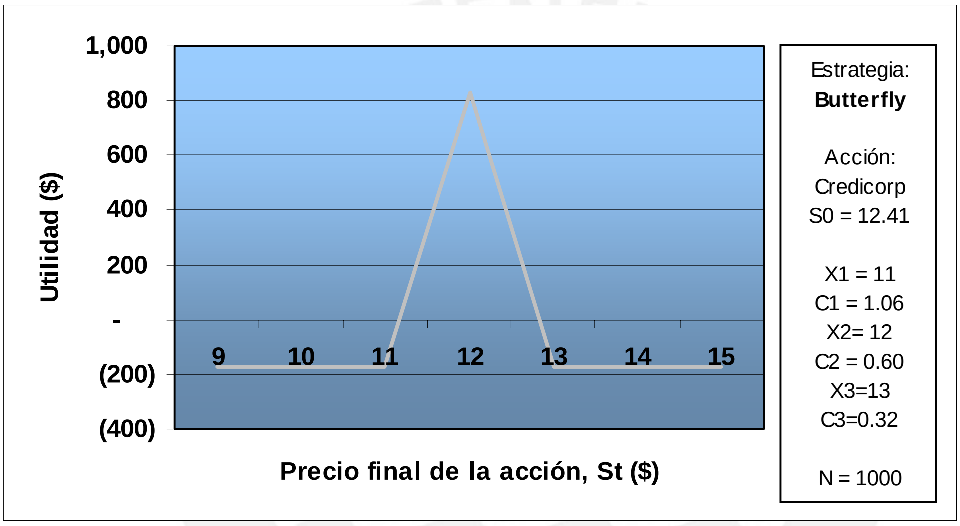


Gráfico 15: Función de utilidad de la estrategia *butterfly*

En la estrategia *butterfly* se tiene dos puntos de equilibrio. El primero se encuentra en el rango $X_1 < S_T < X_2 < X_3$. Si se iguala a cero la función de utilidad en ese rango se obtiene un $S_T^* = X_1 + C_1 - 2C_2 + C_3$. En el ejemplo, el primer punto de equilibrio será $S_T^* = 11 + 1.06 - 2*0.60 + 0.32 = 11.18$. Si el precio final de la acción es mayor que 11.18, se obtendrán ganancias, de lo contrario se incurrirá en una pérdida. El segundo punto de equilibrio está en el rango $X_1 < X_2 < S_T < X_3$, y es $S_T^* = -X_1 + 2X_2 - C_1 + 2C_2 - C_3$. En el ejemplo, $S_T^* = -11 + 2*12 - 1.06 + 2*0.60 - 0.32 = 12.82$. Para obtener ganancias en este rango, el precio final de la acción deberá ser menor que éste punto de equilibrio.

En esa estrategia tanto la utilidad máxima como la pérdida máxima están limitadas. Observemos los intervalos en los que la utilidad es constante:

$$\Pi = -C_1 + 2C_2 - C_3 \text{, para } S_T < X_1 < X_2 < X_3 \text{, y}$$

$$\Pi = -X_1 + 2X_2 - X_3 - C_1 + 2C_2 - C_3 \text{, para } X_1 < X_2 < X_3 < S_T .$$

Recuerden que el valor de X_2 es igual al promedio de X_1 y X_3, es decir,

$$X_2 = \frac{X_1 + X_3}{2},$$

$$2X_2 = X_1 + X_3 .$$

y,

$$-X_1 + 2X_2 - X_3 = 0 .$$

Entonces,

$$-X_1 + 2X_2 - X_3 - C_1 + 2C_2 - C_3 = -C_1 + 2C_2 - C_3 .$$

Por lo tanto para los rangos $S_T < X_1 < X_2 < X_3$ y $X_1 < X_2 < X_3 < S_T$, la pérdida es la misma. En el ejemplo equivaldrá a $\Pi = -C_1 + 2C_2 - C_3 = -1.06 + 2 \times 0.60 - 0.32 = -0.18.$

Cabe resaltar que las pérdidas cuando el precio de la acción es muy bajo y cuando es muy alto, únicamente serán iguales si el precio de ejercicio de la opción 2 es igual al promedio de los precios de ejercicio de la opción 1 y 3.

La máxima ganancia se obtendrá cuando el precio final de la acción es exactamente igual al precio de ejercicio de la opción 2. Se puede encontrar el valor eligiendo un extremo de la ecuación de utilidad con cualquiera de los rangos $X_1 < S_T < X_2 < X_3$ y $X_1 < X_2 < S_T < X_3$. Elegiremos la ecuación correspondiente al primer rango y al remplazar X_2 por S_T, la utilidad será $\Pi = X_2 - X_1 - C_1 + 2C_2 - C_3 = 12 - 11 - 1.06 + 2 \times 0.60 - 0.32 = 0.82$. Esta es la máxima utilidad que se puede obtener con este *butterfly spread* de Credicorp.

e. Straddles

Si en el *butterfly spread* se intentaba predecir cuál sería el precio final de la acción, en la presente estrategia (y en las dos siguientes), se tratará de predecir cuál no será el precio final. Entre más lejos se encuentre el precio final a de la acción a un cierto precio, mayor será la utilidad.

Es necesario aclarar que para obtener utilidades sustanciales con esta estrategia, el valor que se predice para el precio final de la acción debe ser un precio probable. Por ejemplo, supongamos que el precio de la acción es de S/.10 y se establece la estrategia prediciendo que el precio dentro de tres meses será alejado de S/.1,000. Debido a que S/.1,000 es un precio poco probable para una acción de S/.10, la utilidad al aplicar esta estrategia sería prácticamente cero.

El *straddle* consiste en comprar una *call* y una *put* con un mismo precio de ejercicio. Así que siempre se ejercitará una de las opciones, si el precio final es menor al precio de ejercicio se ejercitará la *put*, de lo contrario se ejercitará la *call*.

La función de utilidad de esta estrategia será

$$\Pi = \max(S_T - X, 0) - C + \max(X - S_T, 0) - P.$$

Compra Call + Compra Put

Si $S_T < X$ se ejercitará sólo la *put* y la utilidad será

$$\Pi = X - S_T - C - P\,, \qquad S_T < X\,.$$

En este rango, mientras menor sea el precio final de la acción mayores serán las utilidades.

Si $S_T > X$ se ejercitará sólo se ejercitará la *call*, en cuyo caso la utilidad será

$$\Pi = S_T - X - C - P\,, \qquad S_T > X\,.$$

Como se observa en la ecuación anterior, las utilidades se incrementarán al aumentar el precio de la acción, en este segundo rango.

La gráfica de la función de utilidad es

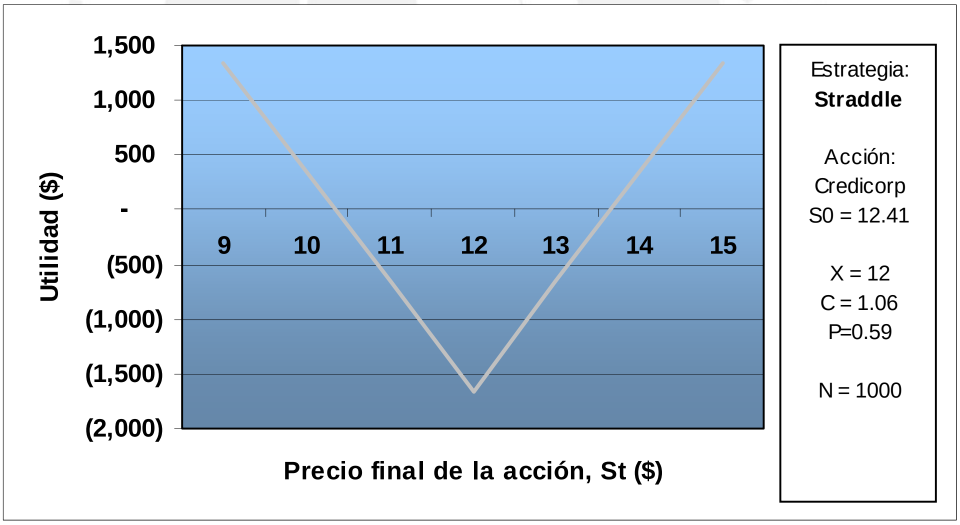


Gráfico 16: Función de utilidad de la estrategia *straddles*

La estrategia tiene dos puntos de equilibrio, uno cuando se ejerce la *put* y el otro cuando se ejerce la *call*. El primer punto de equilibrio $S_T^* = X - C - P$ y el segundo $S_T^* = X + C + P$.

f. Straps

Los *straps* son muy similares a los *straddles*. La diferencia radica en que al elaborar *straps* el inversionista no sólo apuesta a que el precio varía, sino que piensa que es más probable que se incremente.

Esta estrategia consiste en comprar 2 *calls* por cada *put* comprada. La función de utilidad será

$$\Pi = 2 \times \max(S_T - X, 0) - 2 \times C + \max(X - S_T, 0) - P\,.$$

2 * Compra Call + Compra Put

Si $S_T < X$ se ejercitará sólo la *put* y la utilidad será

$$\Pi = X - S_T - 2 \times C - P\,, \qquad S_T < X\,.$$

Si $S_T > X$ sólo se ejercitará la *call*, en cuyo caso la utilidad será

$$\Pi = 2 \times (S_T - X - C) - P\,.$$

Al graficar la función de utilidad se obtiene

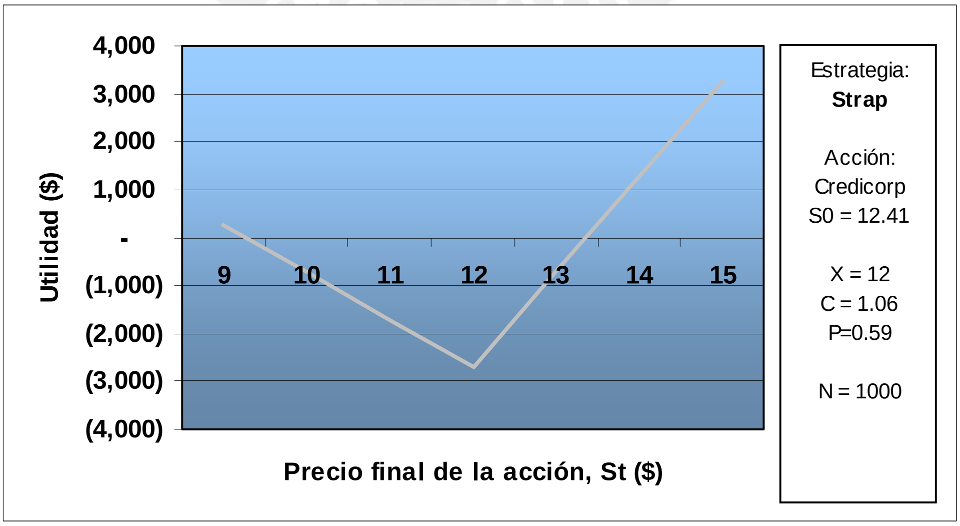


Gráfico 17: Función de utilidad de la estrategia *straps*

Los precios de equilibrio para esta estrategia serán $S_T^* = X - 2 \times C - P$ y el segundo $S_T^* = X + C + \frac{P}{2}$. El precio de la acción tendrá que bajar o subir más que una estrategia de *straddles* para poder lograr utilidades.

g. Strips

Mientras que con los *straps* se sospechaba que el precio se incrementaría, con los *strips* se creerá que el precio disminuirá. Una estrategia de *strips* es similar a una de *straddles*, con la diferencia que se compran dos *puts* por cada *call* comprada.

La función de utilidad será

$$\Pi = \max(S_T - X, 0) - C + 2 \times \max(X - S_T, 0) - 2 \times P .$$

Compra Call + 2 * Compra Put

Si $S_T < X$ se ejercitará sólo la *put* y la utilidad será

$$\Pi = 2 \times (X - S_T - P) - C , \qquad S_T < X .$$

Si $S_T > X$ se ejercitará sólo se ejercitará la *call*, en cuyo caso la utilidad será

$$\Pi = S_T - X - C - 2 \times P , \qquad S_T > X .$$

Al graficar la función de utilidad se obtiene

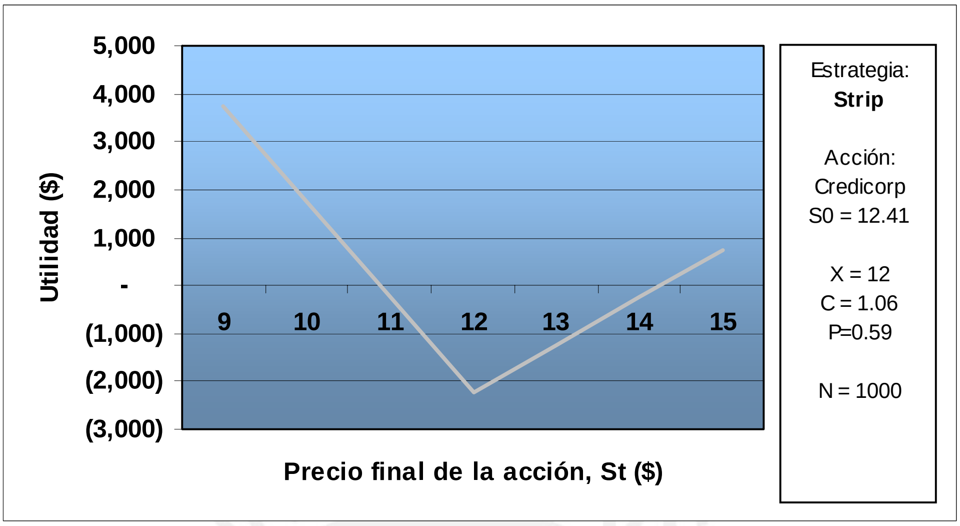


Gráfico 18: Función de utilidad de la estrategia *strips*

Los precios de equilibrio para esta estrategia serán $S_T^* = X - \frac{C}{2} - P$ y el segundo $S_T^* = X + C + 2 \times P$. El precio de la acción tendrá que bajar o subir más que una estrategia de *straddles* para poder lograr utilidades.

1.8. ESTIMACIÓN DE LA VOLATILIDAD

1.8.1. VOLATILIDAD

La volatilidad es una medida de cuánto se espera que fluctúe la variable en cuestión durante un período de tiempo dado. Esta es una variable crítica en la valuación de derivados financieros.

La volatilidad del precio de una acción es la desviación estándar de los rendimientos de una acción, cuando los rendimientos son calculados utilizando capitalización continua.

Si se define:

- $m+1$: Número de observaciones.
- S_i : Precio de acción al final de i-ésimo día.
- t : duración del intervalo de tiempo en años.

Sea

$$u_i = \ln(\frac{S_i}{S_{i-1}})$$

para $i = 1,2,...,m$.

La estimación de la desviación estándar de u_i esta dada por

$$s = \sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m}(ui - \overline{u})^2}$$

La elección del número de observaciones a considerar para estimar la volatilidad no es simple. Generalmente un mayor número de observaciones logra una estimación más exacta. Sin embargo, observaciones demasiado antiguas pueden distorsionar la exactitud de la estimación de volatilidad, ya que la volatilidad suele cambiar con el tiempo. Algunos autores, como Hull[8], consideran que utilizar entre las 90 y 180 observaciones más recientes brinda buenas estimaciones. Chance[9] sugiere utilizar 60 observaciones para la mayoría de los casos. Otros, como el Yahoo! Finance[10], sugieren utilizar entre las 21 y 23 últimas observaciones. Una regla comúnmente aceptada propone igualar m al número de días del intervalo de tiempo sobre el que se va a utilizar la estimación de volatilidad.

La volatilidad puede ser medida en diferentes intervalos de tiempo. En esta tesis se utilizará principalmente la volatilidad en términos diarios y la volatilidad en términos

---

[8] HULL, John C. *Options, futures, and other derivatives*, 5ta edición, Prentice Hall. 2003, pg 239.
[9] CHANCE, Don M. *An introduction to derivates and risk management*, 5ta edición, Harcourt College Publishers. 2001, pg 60.
[10] Yahoo! Finance (s.f). Consultado Julio 7, 2004 en http://finance,yahoo.com.

anuales. Para convertir la volatilidad diaria a volatilidad anual se deberá multiplicar la primera por la raíz cuadrada del número de días útiles (días en los que trabaja la BVL) en 1 año. Para la presente investigación se considerará que en un año hay 252 días en los que se negocian las acciones.

1.8.2. MODELOS AVANZADOS DE ESTIMACIÓN DE VOLATILIDAD

La fórmula de desviación estándar es la manera más común de estimar la volatilidad, sin embargo, existen modelos de estimación de volatilidad más complicados. Estos modelos se caracterizan porque reconocen que la volatilidad cambia con el tiempo. Los dos modelos más conocidos son el EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) y el GARCH (*Generalizad Autoregressive Condicional Heteroscedasticity*).

Para poder utilizar estos modelos se aplican tres cambios a la fórmula de desviación estándar. Primero se toma u_i como el cambio porcentual de la variable, es decir, no se toma el rendimiento logarítmico. Por lo que

$$u_i = \frac{S_i - S_{i-1}}{S_{i-1}}.$$

Segundo, se asume que $\overline{u}$ es igual a cero. Esto no es exactamente correcto, pero es un supuesto razonable si se considera que el cambio esperado en el precio de la acción durante un corto período de tiempo es generalmente pequeño comparado con la desviación estándar del cambio.

Tercero, $m-1$ se reemplaza por m. Esto hace que se pase de un estimador insesgado de la varianza a un estimador de máxima verosimilitud.

Estos cambios tienen poco efecto sobre las estimaciones de desviación estándar pero logran simplificar grandemente los modelos de estimación de volatilidad. Aplicando los tres cambios a la fórmula de desviación estándar se obtiene

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_i^{\ 2}} \ .$$

Esta es la fórmula de desviación estándar que se utilizará con los modelos EWMA y GARCH.

Una duda que puede surgir es cuánto afectan los cambios realizados a los resultados de desviación estándar que se puedan obtener a través de ésta fórmula. Para tener una idea de la diferencia en la estimación de la volatilidad al aplicar los cambios a la fórmula de desviación estándar se calculó la volatilidad del Índice General de la Bolsa de Valores de Lima con la fórmula original y con la fórmula modificada. Se tomaron los precios de cierre del IGBVL del 1 de septiembre del 2003 hasta el 30 de agosto del 2004. Al calcular los rendimiento mediante el logaritmo natural y aplicar la fórmula de desviación estándar, la estimación de volatilidad fue de 10.55%. Al aplicar los tres cambios a la fórmula de desviación estándar la estimación de la volatilidad fue de 10.87%. Como se observa, el efecto de los cambios a la fórmula de la desviación estándar es muy pequeño.

a. Modelo EWMA

Este modelo, así como el GARCH que será explicado más adelante, le dan diferentes pesos a las observaciones de volatilidad, específicamente, le dan menos peso a las observaciones más antiguas y un mayor peso a las observaciones más recientes.

En el modelo EWMA calcula la volatilidad ponderando la estimación de volatilidad del día anterior, llámese la volatilidad estimada para ayer, con la volatilidad real obtenida en el día ayer.

En la ponderación los pesos decrecen exponencialmente a una tasa λ mientras se retrocede en el tiempo. Esto quiere decir que el peso de la varianza estimada para el día de ayer es λ, el de varianza estimada para anteayer λ^2, el de la trasanteayer será λ^3, y así sucesivamente.

La fórmula de modelo es

$$\sigma_n{}^2 = \lambda\sigma_{n-1}^2 + (1-\lambda)u_{n-1}^2 \, ,$$

donde λ es el peso aplicado a la última estimación de varianza, σ_{n-1}^2 es la estimación de varianza del día anterior, u_{n-1} es el rendimiento del día anterior. Dado que λ es un factor de ponderación, ésta variará entre 0 y 1.

Recordemos que aplicando los tres cambios a la fórmula de desviación estándar, elevándola al cuadrado y tomando $m=1$ se tiene que $\sigma^2 = u^2$. Por lo tanto la fórmula del modelo EWMA nos dice que la varianza estimada para el día n es un promedio ponderado de estimación de la varianza del día $n-1$ y de la varianza real[11] del día $n-1$ con pesos de λ y $1-\lambda$ respectivamente.

El factor λ determina qué peso darle a las estimaciones de varianzas pasadas y qué peso darle a la última varianza real. Entre mayor λ, menos determinante será la varianza real del último día en la estimación del día actual. En la sección 2.3 se verá un procedimiento para elegir el factor λ a utilizar.

Una ventaja de utilizar el modelo EWMA es que atenúa el efecto de la decisión del número de observaciones pasadas a considerar para estimar la volatilidad. Esto se debe a que los pesos de las observaciones decrecen mientras se retrocede en el tiempo, así que las observaciones muy antiguas influirán poco en la volatilidad actual. Por ejemplo, se estimó la volatilidad del Índice General de la Bolsa de Valores de Lima al 19 de diciembre del 2003. Se consideró diferentes números de observaciones pasadas. Los cálculos

---

[11] Recuerde que la fórmula de desviación estándar es $\sigma = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_i{}^2}$, al elevar ambos términos al cuadrado se obtiene la fórmula de la varianza igual a $\sigma^2 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_i{}^2$. La varianza de un día individual se consigue al reemplazar $m=1$, con lo que sería $\sigma^2 = u^2$.

fueron hechos utilizando el modelo EWMA y mediante la fórmula de volatilidad logarítmica[12]. Los resultados se muestran en la siguiente tabla[13]

Periodo de Tiempo	Volatilidad Logarítmica	Modelo EWMA
5 años	14.0%	12.9%
2 años	13.8%	11.7%
1 año	16.5%	11.2%
6 meses	19.1%	11.0%
3 meses	16.5%	12.9%
1 mes	10.6%	10.5%

Tabla 1: Comparación entre la volatilidad anual logarítmica y la volatilidad anual hallada mediante el Modelo EWMA para el Índice General de la Bolsa de Valores de Lima

Se observa que al utilizar el modelo EWMA para los diferentes períodos de tiempo las estimaciones de la volatilidad actual varían considerablemente menos que al utilizar la fórmula de desviación estándar directamente.

Por lo tanto, la decisión del número de observaciones pasadas a considerar es menos importante si se utiliza el modelo EWMA que si se utiliza la fórmula de volatilidad logarítmica.

b. Modelo GARCH

GARCH son las siglas del nombre en inglés "*Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*", lo que en español sería Heteroscedasticidad Condicional Autoregresiva Generalizada. En términos simples, heteroscedasticidad es una varianza que cambia con el tiempo; Condicional debido a que depende, o esta condicionada, por las observaciones pasadas; autoregresiva debido a que tiene un mecanismo de retroalimentación que incorpora las observaciones pasadas al presente.

---

[12] La fórmula de volatilidad logarítmica es la que se presenta en el capítulo 1.8.1.

[13] El factor λ fue estimado utilizado el método de máxima verosimilitud. Los λ utilizados para 5 años, 2 años, 1 año, 180 días y 90 días fueron 0.87, 0.87, 0.90, 0.82 y 0.82 respectivamente.

El modelo GARCH se distingue del modelo EWMA en que el primero incluye un término más en la fórmula. La ecuación es la siguiente

$$\sigma_n^{\ 2} = \gamma V_L + \alpha u_{n-1}^2 + \beta\sigma_{n-1}^2 ,$$

donde V_L es la varianza a largo plazo, γ es el peso asignado a V_L, α es el peso asignado a u_{n-1}^2, y β es el peso asignado a σ_{n-1}^2

La ecuación muestra que la varianza además de ser calculada a partir de la última estimación de varianza, σ_{n-1}^2, y del último rendimiento, u_{n-1} , es calculada a partir de una varianza a largo plazo, V_L. Dado que la fórmula es un promedio ponderado, la suma de los pesos debe ser igual a uno, es decir,

$$\gamma + \alpha + \beta = 1 .$$

Si se iguala $\omega = \gamma V_L$ la formula de GARCH será

$$\sigma_n^{\ 2} = \omega + \alpha u_{n-1}^2 + \beta\sigma_{n-1}^2 .$$

De esta manera se tendrán que estimar tres parámetros: ω, α y β. Luego se podrá estimar la varianza de largo plazo con la siguiente igualdad

$$V_L = \frac{\omega}{\gamma} ,$$

o en función de α y β,

$$V_L = \frac{\omega}{1 - \alpha - \beta} .$$

En este modelo, así como en el modelo EWMA, los pesos de las estimaciones pasadas de la varianza decrecen de manera exponencial. Para el caso de GARCH, la tasa de decrecimiento exponencial de las estimaciones de la varianza es β.

Uno de los aspectos más interesantes de este modelo es que reconoce que en ciertos períodos de tiempo la volatilidad de una acción es alta, y en otros períodos la volatilidad es baja. Es decir, la volatilidad es autocorrelacionada, si la volatilidad del día de ayer fue alta, es posible que la volatilidad de hoy también lo sea. Este aspecto no es reconocido por el modelo EWMA ni por la fórmula de estimación directa de volatilidad, y sin embargo, es un aspecto que se manifiesta con frecuencia en las cotizaciones reales.

El modelo GARCH da como resultados dos estimaciones de volatilidad. Una es la volatilidad actual, que es la volatilidad estimada para el día n, y la otra es la volatilidad de largo plazo, que es el valor al que tenderá la volatilidad en el futuro.

Al aplicar el modelo GARCH al IGBVL del 1 de septiembre del 2003 hasta el 30 de agosto del 2004, se estimó $\alpha = 0.138$, $\beta = 0.771$ y $\omega = 0.00000931$, la estimación de varianza diaria de largo plazo es $V_L = \omega/(1-\alpha-\beta) = 0.00000931/(1-0.138-0.771)$ $= 0.00010230$, de la cual se obtiene una volatilidad anual de largo plazo igual a $\sqrt{0.00010230 \times 252} = 16.06\%$. La estimación de volatilidad para el día 1 de septiembre del 2004 es de 12.92%.

Estos resultados quieren decir que el 1 de septiembre del 2004 la volatilidad se estimaba en 12.92%, pero se esperaba que con el tiempo la volatilidad se acerque a 16.06%.

Hemos estimado que la volatilidad de IGBVL a largo plazo será 16.06%, sin embargo también es posible estimar la volatilidad el día futuro k. La fórmula para predecir la varianza es:

$$E(\sigma_{n+k}^2) = V_L + (\alpha+\beta)^k (\sigma_n^2 - V_L) ,$$

donde $E(\sigma_{n+k}^2)$ es la varianza esperada para el día $n+k$.

Cuando el tiempo tiende al infinito, o el límite de $k \to \infty$, $(\alpha+\beta)^k$ tenderá a cero y la varianza esperada tenderá a la varianza de largo plazo, o V_L.

Esta fórmula también nos muestra el efecto de los parámetros α y β. Mientras mayor sea $\alpha+\beta$, más tiempo tardará $E(\sigma_{n+k}^2)$ en llegar a V_L. Y, por el contrario, un $\alpha+\beta$ pequeño hará que $E(\sigma_{n+k}^2)$ se iguale a V_L en pocos días.

Reemplazando los parámetros calculados, se puede realizar una predicción para del IGBVL.

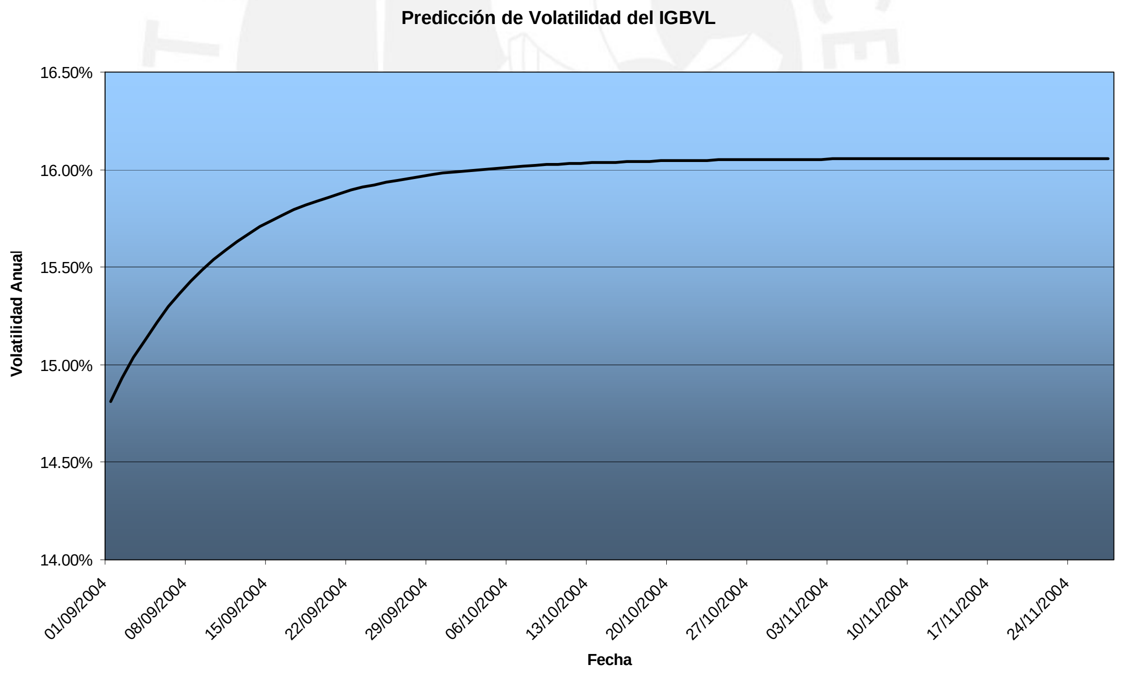


Gráfico 19: Predicción de volatilidad anual para el IGBVL

Se observa en el gráfico cómo se espera que la volatilidad incremente con el tiempo hasta llegar a su valor de largo plazo. Según estos cálculos se espera que en alrededor de 80 días, o casi 4 meses si se consideran años de 252 días de negociación, la volatilidad del IGBVL alcance tu valor de largo plazo de 16.06% .

2. ANÁLISIS DE ACCIONES DE LA BOLSA DE VALORES DE LIMA

2.1. PRINCIPALES EMPRESAS EN LA BOLSA DE VALORES DE LIMA

En la Bolsa de Valores de Lima (BVL) existen dos índices principales: el Índice General de la Bolsa de Valores de Lima (IGBVL) y el Índice Selectivo de la Bolsa de Valores de Lima (ISBVL). El Anexo Nro. 1 muestra la cartera del IGBVL vigente a partir del 5 de mayo del 2005. La cartera está compuesta por 34 acciones de los diferentes rubros de la BVL, sin embargo resalta el gran peso que tienen las compañías mineras. Estas empresas tienen el 57% del peso del IGBVL.

La cartera del ISBVL vigente a partir del 5 de mayo del 2005 está compuesta por 15 acciones. La cartera de este índice es mostrada en el Anexo Nro. 2. En este índice son aún más gravitantes las acciones mineras, llevan el 69% del peso de este índice.

Las cinco acciones con mayor peso en ambos índices son las siguientes:

- Volcan Compañía Minera
- Cerro Verde
- Minsur Inv.
- Atacocha Inv
- Milpo

Mientras que las cinco acciones con mayor volumen de negociación en los doce meses anteriores a marzo del 2004 fueron:

- Compañía de Minas Buenaventura
- Volcan Compañía Minera
- Edegel S.A.A.
- MINSUR S.A. Inv.
- Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A. Inv.

2.2. SELECCIÓN DE ACCIONES DE LA BOLSA DE VALORES DE LIMA

El principal modelo de valuación de opciones se desarrolla sobre el supuesto que el precio de la acción varía continuamente. Por ello será necesario seleccionar acciones con una alta frecuencia de negociación.

Para la elaboración de estrategias con opciones y acciones es necesario obtener un portafolio diversificado, para lo cual se seleccionarán acciones de diferentes rubros. Se desea que el portafolio seleccionado tenga una composición similar al de la capitalización bursátil por rubro de la BVL. La capitalización bursátil por rubro de la BVL al 30 de diciembre del 2003 se presenta en el Anexo Nro. 3.

Otro criterio será la disponibilidad de datos.

De acuerdo con estos criterios se creará un portafolio diversificado de acciones negociadas frecuentemente, representativas de la BVL.

La siguiente tabla muestra las acciones con mayor frecuencia de negociación[14] entre abril del 2003 y marzo del 2004.

[14] Definiremos frecuencia de negociación de una acción como la división del número de días que se negocia la acción entre el número de días que trabaja la BVL.

Nemonico	Frecuencia	Empresa	Tipo de Acción	Moneda	Rubro
PCU.	97%	Southern Peru Cooper Corporation	ADR	Dólar	Minera
BVN.	97%	Buenaventura	ADR	Dólar	Minera
TEF	96%	Telefónica S.A.	ADR en BVL	Dólar	Servicios
ATACOI1	96%	Atacocha	Inversión	Sol	Minera
BAP.	95%	Credicorp	ADR	Dólar	Financiera
BACKUSI1	95%	UCP Backus Johnston	Inversión	Sol	Industrial
VOLCABC1	94%	Volcan BC	Común	Sol	Minera
MILPOC1	94%	Milpo	Común	Sol	Minera
BUENAVC1	93%	Buenaventura	Común	Sol	Minera
LUSURC1	93%	Luz del Sur	Común	Sol	Servicios
TDP	93%	Telefónica del Perú	ADR en BVL	Dólar	Servicios
MINSURI1	93%	Minsur Industrial	Inversión	Sol	Minera
CVERDEC1	92%	Sociedad Minera Cerro Verde	Común	Dólar	Minera
BAP	91%	Credicorp	Común	Dólar	Financiera
CPACASC1	89%	Cementos Pacasmayo	Común	Sol	Industrial
PCU	87%	Southern Peru Cooper Corporation	ADR en BVL	Dólar	Minera
CONTINC1	86%	Banco Continental	Común	Sol	Financiera
GRAMONC1	85%	Graña y Montero S.A.	Común	Sol	Industrial
BROCALC1	85%	El Brocal	Común	Sol	Minera
CORAREI1	82%	Corporación Aceros Arequipa	Inversión	Sol	Industrial
EDEGELC1	82%	Edegel S.A.	Común	Sol	Servicios
TELEFBC1	79%	Telefónica del Perú BC	Común	Sol	Servicios
CASAGRC1	74%	Casa Grande S.A.	Común	Sol	Agrario

Tabla 2: Acciones con mayor frecuencia de negociación en la BVL, entre abril del 2003 y marzo del 2004

Se seleccionarán las acciones de la tabla anterior intentando obtener una composición del portafolio similar a la capitalización bursátil por rubro de la BVL. No se seleccionarán las acciones que no cotizan en la BVL. Tampoco aquellas acciones que tengan una frecuencia de negociación menor a 80%.

El portafolio seleccionado es el siguiente:

Nemonico	Frecuencia	Rubro	Selección
PCU.	97%	Minera	No, ya que no se negocia en BVL
BVN.	97%	Minera	No, ya que no se negocia en BVL
TEF	96%	Servicios	Si
ATACOI1	96%	Minera	Si
BAP.	95%	Financiera	No, ya que no se negocia en BVL
BACKUSI1	95%	Industrial	Si
VOLCABC1	94%	Minera	Si
MILPOC1	94%	Minera	Si
BUENAVC1	93%	Minera	Si
LUSURC1	93%	Servicios	Si
TDP	93%	Servicios	No, ya se seleccionó TEF
MINSURI1	93%	Minera	Si
CVERDEC1	92%	Minera	Si
BAP	91%	Financiera	Si
CPACASC1	89%	Industrial	Si
PCU	87%	Minera	No, ya se cuenta con 6 de minería
CONTINC1	86%	Financiera	Si
GRAMONC1	85%	Industrial	Si
BROCALC1	85%	Minera	No, ya se cuenta con 6 de minería
CORAREI1	82%	Industrial	Si
EDEGELC1	82%	Servicios	Si
TELEFBC1	79%	Servicios	Baja frecuencia
CASAGRC1	74%	Agrario	Baja frecuencia

Tabla 3: Acciones seleccionadas para portafolios

Como se observa en la siguiente tabla, el número de empresas seleccionadas por industria, crean un porcentaje similar al porcentaje de capitalización bursátil de las industrias en la BVL.

Rubro	# Empresas	% de # Empresas	% de Capitalización Bursátil BVL
Mineras (1)	6	40%	36%
Industrial (2)	4	27%	14%
Servicios (3)	3	20%	17%
Bancos y Financiera (4)	2	13%	12%
Otros (5)	0	0%	20%
Total	15	100%	100%

(1) Mineras Común, Mineras de Inversión
(2) Industrial Común, Industrial de Inversión
(3) Servicios Públicos
(4) A.F.P., Bancos y Financieras, Seguros
(5) Agrario, Diversas, Diversas de Inversión, Valores Emitidos en el Exterior

Tabla 4: Número de empresas seleccionadas por industria

2.3. ESTIMACIÓN DE LA VOLATILIDAD

Como se mencionó en el capítulo 1.6.1, donde se analiza la letra griega Vega, la volatilidad es una variable crítica en la determinación del precio de una acción. Por consiguiente, se pondrá gran énfasis en obtener la mejor estimación de la volatilidad.

En el capítulo 1.8 de Estimación de la Volatilidad, se presentaron tres maneras distintas de estimar la volatilidad: la fórmula de desviación estándar, el modelo EWMA y el modelo GARCH. Sin embargo, se tendrá que decidir solamente por un modelo.

Para elegir el modelo de estimación de volatilidad se estimará la volatilidad de cada una de las acciones seleccionadas con los tres modelos. En el caso de los modelos EWMA y GARCH se realizarán diversas estimaciones de volatilidad utilizando diferentes cantidades de datos históricos. En todos los casos, el pronóstico será hecho para el segundo trimestre del 2004[15]. Durante dicho trimestre se recopilarán las cotizaciones de las acciones seleccionadas y se hallará su volatilidad en ese período. Por último se compararán los pronósticos con los valores reales para determinar qué modelo utilizar.

Antes de ello se mostrará una manera de estimar los parámetros de los modelos y decidir qué número de observaciones históricas se deberán considerar para el pronóstico de la volatilidad.

2.3.1. APLICACIÓN DEL MODELO EWMA

En la sección 1.8.2, se examinó el modelo EWMA, el cual propone la siguiente fórmula para estimar la varianza[16] de los rendimientos de una acción:

$$\sigma_n{}^2 = \lambda\sigma_{n-1}^2 + (1-\lambda)u_{n-1}^2$$

---

[15] La razón por la que se decidió elegir un período de 1 trimestre es porque el período de vida de las opciones con las que se trabajará más adelante en esta tesis es también de 1 trimestre.
[16] Al calcular la raíz cuadrada de la varianza se obtiene la volatilidad.

donde λ es el peso aplicado a la última estimación de varianza, σ_{n-1}^2 es la estimación de varianza del día anterior, u_{n-1} es el rendimiento del día anterior.

Sin embargo, hasta el momento no se ha recomendado ningún valor de λ para aplicar el modelo EWMA. Las volatilidades de dos acciones son distintas no sólo en magnitud, sino también en la rapidez con la que cambian. Esto significa que hay acciones que pueden tener la misma volatilidad por un largo tiempo; y hay acciones en las que la volatilidad por unas semanas es alta, luego disminuye, y así va variando en el tiempo.

El parámetro λ determina el peso que se le aplica a la última estimación de varianza, y por lo tanto, también determina el peso que se le aplica a la última varianza. Así que es conveniente elegir un λ bajo para las acciones cuyas volatilidades cambien rápidamente y un λ alto para aquellas acciones cuyas volatilidades permanezcan constantes durante un largo tiempo. Por esa razón se prefiere encontrar un λ óptimo para cada acción.

El método que se utilizará es el de máxima verosimilitud. Con éste método se elegirá el parámetro λ de tal manera que maximice la probabilidad que la volatilidad estimada sea la volatilidad real.

Se deberá elegir de manera iterativa un λ que maximice la siguiente expresión[17]

$$\sum_{i=1}^{m}\left(-\ln(v_i)-\frac{u_i^2}{v_i}\right)$$

donde $v_i=\sigma_i^2$, es la varianza estimada para el día i; u_i es el rendimiento porcentual del precio de la acción en el día i; y m es el número de observaciones consideradas para la observación.

---

[17] Es el logaritmo de la verosimilitud L, $p(u_1,u_2,\ldots,u_m)$ dado que la función de probabilidad de u_i, condicional a la varianza, es normal. Para mayores detalles consultar HULL, John C. *Options, futures, and other derivatives*, 5ta edición, Prentice Hall. 2003, pgs 378-380.

Para el cálculo del parámetro λ se utilizó una hoja de cálculo como la presentada a continuación.

	E	H	I	J	K	L	M
1	Cierre1	ui	vi=sigma^2	-ln(vi)-ui^2/vi		teta	1 - teta
2	12.12374					0.0518	0.9482
3	12.31026	0.01538469					
4	12.45015	0.01136369	0.00023669	7.80318105		Suma Total	
5	12.45015	0	0.00023112	8.37258487		3499.03265	
6	12.35689	-0.00749067	0.00021915	8.16973394			
7	12.40352	0.0037736	0.0002107	8.39748945			
335	15.6267	0.01186784	0.00020848	7.80008422			

Gráfico 20: Valores de la hoja de cálculo para la estimación del parámetro λ del modelo EWMA

	E	H	I	J	K	L	M
1	Cierre1	ui	vi=sigma^2	-ln(vi)-ui^2/vi		teta	1 - teta
2	12.12374					0.0518	=1-L2
3	12.31026	=(E3-E2)/E2					
4	12.45015	=(E4-E3)/E3	=(H3)^2	=-LN(I4)-(H4^2)/I4		Suma Total	
5	12.45015	=(E5-E4)/E4	=$L$2*H4^2+$M$2*I4	=-LN(I5)-(H5^2)/I5		=SUMA(J4:J523)	
6	12.35689	=(E6-E5)/E5	=$L$2*H5^2+$M$2*I5	=-LN(I6)-(H6^2)/I6			
7	12.40352	=(E7-E6)/E6	=$L$2*H6^2+$M$2*I6	=-LN(I7)-(H7^2)/I7			

Gráfico 21: Fórmulas de la hoja de cálculo para la estimación del parámetro λ del modelo EWMA

Variando de manera iterativa el valor de la celda L2 se encuentra el λ que maximiza la suma de los logaritmos de la verosimilitud, ubicado en la celda L5. La varianza diaria estimada se encuentra en la última fila de la tabla, en este caso en la celda I335. Si se multiplicar la varianza diaria por el número de días al año que se negocia en la bolsa, se obtiene la varianza anual. Luego, al hallar la raíz cuadrada de la varianza diaria se encuentra la volatilidad anual.

2.3.2. APLICACIÓN DEL MODELO GARCH

Realizando unas pequeñas modificaciones a la tabla con la que se calculó el parámetro λ de modelo EWMA es posible calcular los parámetros ω, α y β del modelo GARCH.

	E	H	I	J	K	L	M	N
1	Cierre	ui	vi=sigma^2	-ln(vi)-ui^2/vi		omega	alfa	beta
2	80					5.28911E-05	0.12363702	0.82259262
3	78.5	-0.01875						
4	80.94	0.0310828	0.00035156	5.20498975		Suma Total		
5	82	0.01309612	0.00046153	7.30934901		4003.728575		
6	79.44	-0.0312195	0.00045375	5.5499597				
7	79.12	-0.0040282	0.00054665	7.48202394				
269	67.48	0.01749095	0.00088369	6.68520079				

Gráfico 22: Valores de la hoja de cálculo para la estimación de los parámetros ω, α y β del modelo GARCH

	E	H	I	J	K	L	M	N
1	Cierre	ui	vi=sigma^2	-ln(vi)-ui^2/vi		omega	alfa	beta
2	80					0.0000528910902	0.12363	0.82259
3	78.5	=(E3-E2)/E2						
4	80.94	=(E4-E3)/E3	=(H3)^2	=-LN(I4)-(H4^2)/I4		Suma Total		
5	82	=(E5-E4)/E4	=$L$2+$M$2*H4^2+$N$2*I4	=-LN(I5)-(H5^2)/I5		=SUMA(J4:J653)		
6	79.44	=(E6-E5)/E5	=$L$2+$M$2*H5^2+$N$2*I5	=-LN(I6)-(H6^2)/I6				
7	79.12	=(E7-E6)/E6	=$L$2+$M$2*H6^2+$N$2*I6	=-LN(I7)-(H7^2)/I7				

Gráfico 23: Fórmulas de la hoja de cálculo para la estimación de los parámetros ω, α y β del modelo GARCH

Al crear una hoja de cálculo similar a la mostrada en el Gráfico 26 es posible estimar los parámetros óptimos del modelo GARCH, la volatilidad actual y la volatilidad a largo plazo. Los valores a iterar son los de las celdas L2, M2 y N2, como ven, en éste caso se iterará con tres valores en vez de un único valor del modelo EWMA. El otro cambio en el modelo GARCH respecto al EWMA, es la fórmula de cálculo de la varianza, ésta incorpora los tres parámetros que se iteran. El resto del modelo es similar, se calcula la volatilidad anual en base a la varianza diaria, que se encuentra en la última celda de la columna J.

Dado que en el modelo GARCH son tres los parámetros a calcular, tomará mucho más tiempo computacional hallar la combinación óptima. Una manera más sencilla de hallar los parámetros de este modelo es utilizando la función “garchfit” del programa Matlab®.

Cuando se presentó el modelo GARCH se habló de que este modelo reconocía que la volatilidad esta autocorrelacionada. Se verificará que esto sea cierto en las acciones seleccionadas para analizar la aplicabilidad del modelo GARCH.

Como ejemplo seleccionaré la acción inversión de Minsur, con el nemónico MINSURI1. Los precios de la acción desde el 03/01/1994 hasta el 31/03/2004 están graficados en el

Anexo Nro. 4. A partir de los precios se puede hallar el rendimiento logarítmico diario para cada uno de los días del mismo período de tiempo, esto es mostrado en el Anexo Nro. 5: El gráfico de rendimientos diarios parece indicar que por períodos los retornos son grandes, ya sean positivos o negativos, y por momentos los retornos son más cercanos a cero. Esto significaría que en ciertos períodos la volatilidad es grande y en otros períodos la volatilidad es pequeña, lo cual es un indicio de que la volatilidad está autocorrelacionada.

Con un correlograma de la volatilidad se podrá hallar si existe autocorrelación en medidas diarias de volatilidad. Un correlograma es una diagrama que muestra la correlación de un dato con el anterior, el sub anterior, y así sucesivamente hasta el n-ésimo anterior. En el correlograma del Anexo Nro. 6 se calcula una aproximación de la volatilidad diaria elevando al cuadrado el rendimiento diario. Las líneas horizontales azules muestran los límites de significancia, con una posibilidad de error de aproximadamente 5%. Por ejemplo, como el punto 8 supera la línea azul se puede decir con 95% de confianza que existe correlación entre la volatilidad de un día y la de 8 días antes.

El correlograma nos confirma nuestras sospechas, la volatilidad está autocorrelacionada. En el gráfico del Anexo Nro. 6 la correlación es positiva, es decir, si un día la volatilidad es alta, es probable que al siguiente día la volatilidad también sea alta. Lo mismo se aplica para volatilidades bajas.

Los parámetros estimados para la volatilidad de la acción de MINSURI1, utilizando los precios de acción del 03/01/1994 al 31/03/2004, fueron $\alpha = 0.1197$, $\beta = 0.8495$ y $\omega = 0.000016668$. Con estas tres variables se halla una varianza diaria de largo plazo igual a $V_L = \omega/(1-\alpha-\beta) = 0.000016668/(1 - 0.1197 - 0.8495) = 0.00054117$ lo que equivale a una volatilidad anual de largo plazo igual a $\sigma = \sqrt{0.00054117 \times 252} = 36.96\%$. La estimación de volatilidad para el 01/04/2004, dato que es obtenido directamente del algoritmo, es de 54.48%.

2.3.3. ESTIMACIÓN DE LA VOLATILIDAD DE LAS ACCIONES DEL PORTAFOLIO MEDIANTE MODELOS PRESENTADOS

Se han presentado tres modelos distintos de estimación de la volatilidad. Es el momento de decidir qué método se utilizará para más adelante hallar los precios de las opciones.

Se estimará la volatilidad de cada una de las acciones del portafolio seleccionado. El pronóstico se realizará para el segundo trimestre del año 2004. Luego se comparará los pronósticos de cada acción con la volatilidad real obtenida en el segundo trimestre.

Los datos históricos utilizados para pronosticar la volatilidad dependerán del modelo de estimación y el dato más reciente será el del 31 de marzo del 2004.

Recuerde que en el capítulo anterior se mencionó que los autores recomiendan utilizar alrededor de 60 días en la fórmula de desviación estándar. La cantidad de días que se negocia en 1 trimestre es cercana a 60, para el caso particular del primer trimestre del 2004 el número de días fue de 64, por lo tanto se utilizará 1 trimestre de datos históricos para estimar la volatilidad a través de la fórmula de desviación estándar.

Cuando se utilicen lo modelos EWMA y GARCH se realizará el pronóstico considerando diferentes números de datos históricos. Con el modelo EWMA se considerará un trimestre, medio año, un año, dos años y cinco años. Sin embargo, el modelo GARCH requiere un mayor número de observaciones pasadas, así que se realizarán las estimaciones con 2 años, 5 años y la mayor cantidad de datos disponibles.

En el Anexo Nro. 7 se presentan las estimaciones con cada uno de los métodos, para diferentes números de observaciones. Los casilleros vacíos son aquellas estimaciones en las que el algoritmo del modelo proporcionó resultados absurdos[18]. En el Anexo Nro. 8 y el Anexo Nro. 9 se muestra el detalle de las estimaciones de volatilidad mediante el modelo EWMA y el modelo GARCH, respectivamente. Para el modelo EWMA se encuentra el parámetro λ, el período de tiempo del que se recogieron los precios de cierre y el valor de la función objetivo maximizado por el algoritmo. Para el modelo GARCH se presentan los parámetros α, β y ω, la varianza a largo plazo y la estimación de varianza para el primer día del siguiente período.

En la siguiente sección, estos pronósticos serán comparados con la volatilidad real[19] de las acciones en el segundo trimestre. En el Anexo Nro. 10 se encuentra la volatilidad en dicho período.

2.3.4. SELECCIÓN DEL MODELO A UTILIZAR

Al decidir qué pronóstico utilizar se consideran principalmente dos medidas de errores. El primero es el sesgo, el cual aparece cuando el pronóstico es siempre demasiado alto o siempre demasiado bajo. Para medir el sesgo simplemente se tienen que sumar los errores

---

[18] En el caso del modelo EWMA se eliminó la estimación en la que el valor de λ fue igual a 1. En ese caso la estimación del modelo es igual al valor de la volatilidad del día más antiguo considerado. El algoritmo empieza igualando la varianza al cuadrado del primer rendimiento, lo que se convierte en la estimación de la varianza del día 1, para el siguiente día se actualiza la estimación de la varianza ponderando la estimación anterior con el cuadrado del rendimiento de un día más tarde. Pero si el peso que le aplica al cuadrado del rendimiento es cero, la ponderación será igual al estimado del día anterior, el cuál es igual al cuadrado del rendimiento del primer día. Por lo que no importa cuántos datos tengas, si $\lambda = 1$ la estimación de la varianza siempre saldrá igual al cuadrado del rendimiento del primer día. Esto explica por qué no se acepta una volatilidad hallada con un parámetro $\lambda = 1$.

En el caso del modelo GARCH el valor de la varianza de largo plazo, calculado por $\frac{\omega}{1-\alpha-\beta}$, tiende al infinito, ya que $\alpha+\beta$ tiende a 1y $1-\alpha-\beta$ tiende a 0. Una estimación de varianza de largo plazo igual a infinito tampoco es aceptada.

[19] La volatilidad de un período ya transcurrido siempre se calcula con la fórmula de desviación estándar. Los modelos EWMA y GARCH son modelos de pronóstico de volatilidades futuras, no son modelos para calcular la volatilidad de un período ya transcurrido.

Usualmente el error es calculado como el valor real menos el valor pronosticado, sin embargo, en este caso se tomará el error porcentual, que es

$$E\% = \frac{Volatilidad\ Real - Volatildad\ Estimada}{Volatildad\ Real}$$

Para la selección del modelo a utilizar se preferirá utilizar el error porcentual en vez de la simple diferencia entre pronóstico y dato real. Esto se debe a que para efectos de valuación de opciones, no es lo mismo pronosticar 45% de volatilidad cuando la volatilidad real es 40%, que pronosticar 15% de volatilidad cuando la volatilidad real es 10%.

Para cada acción se tienen varios pronósticos de volatilidad para el segundo trimestre del año 2004 (calculados con información hasta el final del primer trimestre del mismo año). También se tendrá para cada acción la volatilidad que realmente se obtuvo en el segundo trimestre de dicho año (obtenida al aplicar la fórmula de desviación estándar a los rendimientos del trimestre en cuestión). A manera de ilustración tomemos una única acción, la de Cementos Pacasmayo. Para esta acción se han realizado nueve pronósticos de volatilidad para el segundo trimestre: cinco con el modelo EWMA, 3 con el modelo GARCH y uno con la fórmula de desviación estándar[20]. Además de los pronósticos, se halló la volatilidad real de la acción durante el segundo trimestre. El sesgo porcentual fue calculado para cada uno de los nueve pronósticos de volatilidad, los resultados son mostrados a continuación.

[20] Para el caso de la desviación estándar se encontraron recomendaciones acerca de qué número de datos tomar, por lo cuál no se realizarán pronósticos con diferentes números de datos. Para los otros dos modelos no se encontró ninguna referencia confiable del número de observaciones, por lo que se realizará pronósticos con diferentes números de observaciones.

Acción: CPACASC1				
Modelo	Pronóstico de Volatilidad	Volatilidad Real	Sesgo	Sesgo %
EWMA Q1	8.2%	5.6%	-2.6%	-31%
EWMA 1/2	8.4%	5.6%	-2.8%	-33%
EWMA 1	8.3%	5.6%	-2.6%	-32%
EWMA 2	8.0%	5.6%	-2.3%	-29%
EWMA 5	15.1%	5.6%	-9.4%	-63%
GARCH 2	19.1%	5.6%	-13.4%	-70%
GARCH 5	22.6%	5.6%	-16.9%	-75%
GARCH TODO	26.0%	5.6%	-20.4%	-78%
Desviación Estándar	18.2%	5.6%	-12.6%	-69%

Tabla 5: Sesgo porcentual de acción CPACASC1 por modelo de pronóstico de volatilidad

El procedimiento ilustrado para la acción de Cementos Pacasmayo, se replicará para cada acción del portafolio seleccionado, obteniendo los sesgos % de cada acción con cada modelo. Luego, para cada modelo se sumará los sesgos % de cada acción. En la siguiente tabla podemos observar los sesgos % de cada acción para el modelo EWMA 1 año.

Modelo: EWMA 1 año	
Nemónico	Sesgo %
ATACOI1	69%
BACKUSI1	54%
BAP	-1%
BUENAVC1	-19%
CONTINC1	29%
CORAREI1	-7%
CPACASC1	-32%
CVERDEC1	156%
EDEGELC1	-20%
GRAMONC1	16%
LUSURC1	-25%
MILPOC1	-6%
MINSURI1	-49%
TEF	-23%
VOLCABC1	10%
Promedio	10%

Tabla 6: Sesgo porcentual por acción del modelo EWMA 1 año

El valor que servirá para determinar qué modelo es mejor para realizar pronósticos es el promedio de los sesgos porcentuales de cada acción[21]. Para el caso del modelo EWMA 1 año el promedio es de 10% y se exhibe en la última fila de la tabla anterior.

Se repetirán los mismos pasos del cálculo del sesgo porcentual promedio mostrado para el modelo EWMA 1 año, para el resto de los modelos. En la tabla siguiente se pueden observar los sesgos porcentuales promedios de cada modelo.

Modelo	Sesgo promedio de los errores porcentuales
EWMA Q1	21%
EWMA 1/2 AÑO	9%
EWMA 1 año	10%
EWMA 2 AÑOS	-4%
EWMA 5 AÑOS	-10%
GARCH 2AÑOS	-14%
GARCH 5 AÑOS	-12%
GARCH TODO AÑOS	-23%
DESVEST	-9%

Tabla 7: Sesgo promedio de los errores porcentuales por modelo de pronóstico de volatilidad

En la tabla anterior se puede ver que el modelo con el menor sesgo porcentual es el EWMA con 2 años de observaciones.

La segunda medida de error surge al considerar el caso en que un modelo no tenga sesgo porque para ciertas acciones pronostica la volatilidad demasiado alta y para otras las pronostica demasiado baja. El sesgo será cercano a cero ya que los pronósticos altos se eliminan con los pronósticos bajos en el momento de realizar la suma. Para ello se utilizará como segunda medida de error el cuadrado del error porcentual. La cual se obtiene mediante un proceso similar al del cálculo del sesgo, la única diferencia radica en que el sesgo de cada modelo y acción. Veremos el cálculo de los cuadrados de los sesgos para la acción de CPACASC1.

[21] Al pronosticar la volatilidad con EWMA 2 años, GARCH 2 años y GARCH 5 todos los años, sólo se obtuvo 14 pronósticos de las 15 que se debió obtener. Para que éstas no tengan ventaja al sólo tener que sumar 14 pronósticos, se considerará el sesgo promedio de los errores porcentuales.

Acción: CPACASC1		
Modelo	Sesgo %	Cuadrado de Sesgo %
EWMA Q1	-31%	0.0976
EWMA 1/2	-33%	0.1099
EWMA 1	-32%	0.1001
EWMA 2	-29%	0.0841
EWMA 5	-63%	0.3907
GARCH 2	-70%	0.4951
GARCH 5	-75%	0.5622
GARCH TODO	-78%	0.6132
Desviación Estándar	-69%	0.4765

Tabla 8: Cuadrado de sesgo % de acción CPACASC1 por modelo de pronóstico de volatilidad

Esto se repetirá para cada modelo y se proseguirá con la suma de los cuadrados de los sesgos de cada acción y con el resto del procedimiento descrito para el cálculo del sesgo porcentual promedio. La tabla de los promedios de los sesgos cuadrados por modelo es la siguiente.

Modelo	Promedio de los errores porcentuales cuadrados
EWMA Q1	0.37
EWMA 1/2 AÑO	0.26
EWMA 1 año	0.26
EWMA 2 AÑOS	0.07
EWMA 5 AÑOS	0.08
GARCH 2AÑOS	0.11
GARCH 5 AÑOS	0.12
GARCH TODO AÑOS	0.13
DESVEST	0.12

Tabla 9: Promedio de los errores porcentuales cuadrados por modelo de pronóstico de volatilidad

El modelo que obtiene el menor promedio de cuadrados de sesgos es el modelo EWMA con 2 años de datos históricos. Recuerde que anteriormente se encontró que el modelo EWMA 2 años también tenía el mínimo sesgo porcentual, así que es el mejor modelo para ambas medidas de error[22]. Por lo tanto será éste modelo el que se utilice para pronosticar las volatilidades del tercer período del 2004.

---

[22] Se realizó la misma comparación de modelos con un portafolio que consistía de las 36 acciones con mayor negociación. Los pronósticos de volatilidades fueron hallados para el segundo trimestre. El resultado de cuál es el modelo adecuado es el mismo que el del portafolio de 15 acciones. Aunque el modelo EWMA 1 año tuvo el menor sesgo, fue seguido muy de cerca por el modelo EWMA 2 años. Sin embargo, en la dispersión el modelo EWMA era el mejor por un amplio margen.

Los detalles de cuáles fueron los sesgos porcentuales y los cuadrados de sesgos porcentuales de cada modelo se muestran en el Anexo Nro. 11.

Para el modelo seleccionado se requiere de 2 años de datos históricos, sin embargo, para la acción MILPOC1, sólo se dispone de aproximadamente medio año. Dado que la fórmula de desviación estándar pronostica mejor que el modelo EWMA cuando sólo se cuenta con 2 años de datos históricos, para la acción MILPOC1 se utilizará la fórmula de desviación estándar.

Resumiendo, será el modelo EWMA con 2 años de datos históricos el que se utilizará para estimar la volatilidad en los siguientes capítulos, excepto para la acción MILPOC1, para la cual se utilizará la fórmula de desviación estándar con 1 trimestre de datos históricos.

Ahora que se ha seleccionado el modelo a utilizar se hará un pronóstico para el tercer trimestre, utilizando datos hasta el 30 de junio del 2004. Los valores de volatilidad que se utilizarán para la valuación de opciones serán los siguientes.

NEMONICO	Vol Anual
ATACOI1	43.47%
BACKUSI1	28.26%
BAP	18.62%
BUENAVC1	43.97%
CORAREI1	47.93%
CPACASC1	6.53%
CVERDEC1	61.87%
CONTINC1	13.68%
EDEGELC1	13.18%
GRAMONC1	44.38%
LUSURC1	8.72%
MILPOC1	41.05%
MINSURI1	29.73%
TEF	20.48%
VOLCABC1	37.26%

Tabla 10: Volatilidad por acción pronosticada para 3er trimestre del 2004

Por lo que si el portafolio hubiese consistido de 36 acciones, en vez de 15, también se hubiese elegido el modelo EWMA 2 años.

Los detalles de los parámetros utilizados en el modelo EWMA para obtener los valores de volatilidad se pueden observar en el Anexo Nro. 12. Estos valores de volatilidad serán utilizados en los siguientes capítulos para hallar el valor de las opciones y para realizar la simulación del portafolio.

3. ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE PORTAFOLIO DE OPCIONES Y ACCIONES

3.1. VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DE MODELO BLACK-SCHOLES

Cuando se presentó el modelo Black-Scholes en el marco teórico, se mencionó que es el modelo más aceptado. Este modelo brinda los mismos resultados que el modelo Binomial y que la simulación de Monte Carlo[23]. Sin embargo, se prefirió utilizar el modelo Black-Scholes en esta tesis debido a la mayor eficiencia en capacidad computacional que tiene este modelo respecto al Binomial a la simulación de Monte Carlo.

No obstante, para que el modelo Black-Scholes brinde en forma precisa los precios de las opciones, se deberán cumplir una serie de supuestos que se analizarán a continuación. Entre más se aleje la realidad de los supuestos, menos precisos serán los resultados obtenidos mediante el modelo en cuestión.

Recordando lo visto en el marco teórico, los supuestos del modelo Black-Scholes son los siguientes:

- Los precios de las acciones siguen un Movimiento Browniano Geométrico.
- La desviación estándar de los retornos es constante durante la vida de la opción.
- La tasa libre de riesgo es constante durante la vida de la opción.
- No hay impuestos ni costos de transacción.
- Las acciones no pagan dividendos.
- Las opciones son Europeas.

A continuación se analizará si se cumplen cada uno de los supuestos.

---

[23] Siendo estrictos con la teoría, los resultados del modelo Binomial convergerán con los del modelo Black-Scholes, cuando el número del primer modelo tienda a infinito. De igual manera, los resultados convergerán con la simulación de Monte Carlo cuando el número de réplicas de la simulación tienda a infinito.

3.1.1. LOS PRECIOS DE LAS ACCIONES SIGUEN UN MOVIMIENTO BROWNIANO GEOMÉTRICO

El Movimiento Browniano Geométrico plantea que el cambio en el precio de una acción para un período de tiempo infinitesimal esta dado por

$$dS = \mu S dt + \sigma S \varepsilon \sqrt{dt}$$

donde, S es el precio de la acción, μ es el rendimiento porcentual esperado del precio de la acción, σ es la desviación estándar de los rendimientos, ε es una variables aleatoria de una distribución normal estándar y t es el tiempo.

Para evaluar este supuesto empezaremos por comparar la evolución de los precios reales de una acción de la BVL con los precios simulados bajo este supuesto. Para establecer una comparación, en el Anexo Nro. 13 se presenta la gráfica de los precios reales de la acción BAP y en el Anexo Nro. 14 muestra tres series de precios simulados. Las simulaciones asumen que los precios de la acción siguen un Movimiento Browniano Geométrico. Una simple inspección visual de los precios da la impresión que el Movimiento Browniano Geométrico simula adecuadamente los precios de la acción.

No obstante, si se analiza detenidamente el gráfico de los precios de la acción de BAP mostrados en el Anexo Nro. 13 se observan pequeños tramos donde el precio permanece constante, siendo el tramo comprendido entre el 23/09/2003 y 07/10/2003 donde más claramente se aprecia esto. Sin embargo, cuando se presentó el modelo de Movimiento Browniano Geométrico se analizó el cambio del precio de la acción para un tiempo infinitesimal. Ciertamente una acción que no es negociada en varios días no tendrá variaciones en un tiempo infinitesimal como propone el modelo.

La falta de frecuencia de negociación se manifestará en la distribución de los rendimientos. Una acción con poca frecuencia tendrá un mayor número de rendimientos diarios iguales a cero. Por otro lado, una consecuencia de que el precio siga un Movimiento Browniano Geométrico es que los rendimientos logarítmicos de los precios de las acciones siguen una distribución normal.

Para comprobar si la distribución de los rendimientos logarítmicos es normal se elaboraron histogramas de los rendimientos logarítmicos de cada acción del portafolio durante un período de doce meses, entre el 01/07/2003 y el 30/06/2004.

Como punto de comparación se simularon rendimientos que siguen una distribución normal con media igual a 0.002 y desviación estándar igual a 0.02. Tal como el histograma que se muestra en el Anexo Nro. 15, donde la curva en azul del anexo es la distribución normal teórica, y las barras representan el histograma de la simulación. Nótese que a pesar de que la distribución ha sido generada a partir de una función de densidad normal, debido a que es una simulación de una muestra de un medio número de observaciones[24], el histograma no cuadra a perfección con la función de densidad teórica. El ajuste de la distribución de los rendimientos simulados a la distribución normal tuvo un error cuadrado de 0.0027.

A pesar de que la mayoría de los resultados de los histogramas de las acciones del portafolio seleccionado para esta tesis fueron muy parecidos a la curva normal, al aplicar una prueba estadística formal[25], en 14 de las 15 acciones se rechazó que la distribución fuese normal. Los resultados se muestran en el Anexo Nro. 16.

Para evitar presentar cada uno de los histogramas se tomará como referencia el error cuadrado del ajuste a la distribución normal y se presentarán sólo los histogramas con los mayores y menores errores cuadrados.

Las acciones con distribuciones que más se asemejan de la distribución normal, según el error cuadrado, son las de ATACOI1 y TEF, con errores cuadrados de 0.005 y 0.008, respectivamente. Los histogramas de estas acciones se muestran en el Anexo Nro. 17 y en el Anexo Nro. 18. Al comparar estos histogramas con el histograma de la simulación de rendimientos normales es posible afirmar que son muy similares.

---

[24] Se simuló 252 rendimientos, que es aproximadamente el número de días al año que se negocia en al BVL.

[25] Se utilizó la prueba Kolgomorov-Smirnov, con un nivel de significancia de 0.05.

Por otro lado, las acciones con distribuciones que más se alejan de la distribución normal, según el error cuadrado, son las de CPACASC1 y GRAMONC1, con errores cuadrados de 0.232 y 0.150, respectivamente. Los histogramas se muestran en el Anexo Nro. 19 y en el Anexo Nro. 20. Estos histogramas son los casos con mayor desviación respecto a la curva normal. Aún así, se encuentra poco sesgo en estas distribuciones y no estaría fuera de contexto asumir normalidad.

Como conclusión se puede decir que estrictamente este supuesto es violado la mayoría de veces, no obstante, a pesar de que las distribuciones de los rendimientos rigurosamente no son normales, éstas se asemejan a la distribución normal.

3.1.2. LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RETORNOS ES CONSTANTE DURANTE LA VIDA DE LA OPCIÓN

El modelo Black-Scholes establece como supuesto que la desviación estándar de los rendimientos no cambia durante la vida de la opción. Sin embargo, cuando se analizó el modelo GARCH en el marco teórico, se mencionó que la volatilidad de una acción es autocorrelacionada, lo que implica que la volatilidad sí cambia con el tiempo.

Es cierto que la volatilidad cambia con el tiempo, pero hay un factor que se debe considerar. Si se tiene una opción con tiempo de vida largo, por ejemplo 2 años, es muy probable que la volatilidad varíe a lo largo de la vida de la opción. No obstante, lo anterior no es tan seguro cuando la vida de la opción es de sólo tres meses, que es la vida de las opciones con las que se trabajará más adelante en esta investigación.

Para analizar si la desviación estándar de los retornos es constante se analizará si la volatilidad de la primera mitad de la vida de la opción es igual a la de la segunda mitad. Como apoyo para determinar si las volatilidades son distintas se utilizará una prueba de hipótesis de la razón de varianzas de dos poblaciones[26], esto se puede observar en el Anexo Nro. 21. Para un período de tres meses se calculó la varianza durante la primera

[26] Para realizar esta prueba se asume que los retornos siguen una distribución de probabilidad normal.

mitad y durante la segunda mitad. Luego se planteó como hipótesis nula que la varianza de la primera mitad es la misma que la de la segunda mitad. En 8 de las 15 acciones del portafolio se logró afirmar con 95% de confianza que la varianza no fue constante. Finalmente, se podrá decir que este supuesto no se cumple alrededor de la mitad de las veces.

3.1.3. LA TASA LIBRE DE RIESGO ES CONSTANTE DURANTE LA VIDA DE LA OPCIÓN

En el caso de la tasa libre de riesgo queda claro que cambia con el tiempo, lo que se verá en estos párrafos es en qué medida los cambios de la tasa libre de riesgo afectan a la precisión del modelo Black-Scholes, para el corto período de tiempo de las opciones con las que trabajaremos en esta tesis.

En el mercado nacional probablemente lo que se acerca más a la tasa libre de riesgo son las tasas pasivas de los principales bancos del sistema financiero[27]. Sin embargo, en el reporte de tasas pasivas anuales por tipo de depósito, publicado por la Superintendencia de Banco y Seguros, aparecen las tasas de 61-90 días y de 91-180 días. Dado que se trabajará con opciones de 3 meses, que equivale a 90 días calendario, se realizará una interpolación para superar el inconveniente. De acá en adelante se tomará como libre de riesgo al promedio de las tasas pasivas de los principales bancos, interpolado a 90 días.

El Anexo Nro. 22 muestra cómo variaron las tasas libres de riesgo en Nuevos Soles y en Dólares Americanos durante el segundo trimestre del año 2004. Para valuar las opciones de esta tesis se utilizará la tasa libre de riesgo correspondiente al 30/06/04, que es la fecha en la que empieza la vida de las opciones. En realidad se utilizarán dos tasas libres de riesgo, una para las acciones en soles y otra para las acciones en dólares[28].

---

[27] Se utilizará el promedio de las tasas pasivas del Banco de Crédito y del Banco Continental para depósitos de 90 días.
[28] Esta es la única distinción que se hará entre acciones en soles y en dólares, ya que se asumirá que la devaluación es cero.

Las tasas pasivas en soles para el día en mención son de 2.56% en el Banco Continental y de 2.76% en el Banco de Crédito, considerando un período de inversión de 61-90 días. Se asumirá que una tasa de 75 días es igual al promedio de las tasas de ambos bancos, es decir, es igual a 2.66%. Es posible calcular una tasa a 135 días, basándonos en los valores del Anexo Nro. 23, y siguiendo el mismo principio de la tasa hallada a 75 días, mediante lo cual se obtiene una tasa a 135 días igual a 3.42%. Al interpolar estas tasas, se obtiene que para 90 días la tasa libre de riesgo en soles es 2.85%. Siguiendo el mismo método, se obtiene un tasa en dólares de 1.29%.

En el dicho anexo se puede observar que la tasa libre de riesgo sufre pequeñas variaciones en tres meses, además el precio de una acción es poco sensible al cambio en la tasa libre de riesgo.

Para tener una idea de la magnitud del efecto del cambio de la tasa libre de riesgo en el precio de la acción, una opción *call* sobre una acción valorizada en $10, con volatilidad anual de 30% y precio de ejercicio de $9, valdrá $1.22 si se toma una tasa libre de riesgo de 1%. La misma opción valdrá $1.24 si se toma una tasa libre de riesgo de 2%. Es decir, esta opción en particular sólo varía en $0.02 su precio al cambiar la tasa libre de riesgo de 1% a 2%.

Consiguientemente, el supuesto no se cumple de manera estricta, sin embargo, el modelo es poco sensible a las variaciones en la tasa libre de riesgo.

3.1.4. NO HAY IMPUESTOS NI COSTOS DE TRANSACCIÓN

Por efectos de simplicidad se ha decidido desarrollar la tesis sin considerar impuestos ni costos de transacción. El supuesto se cumplirá en esta tesis.

3.1.5. LAS ACCIONES NO PAGAN DIVIDENDOS

Se utilizará los precios de cierre ajustados, es decir, los precios de cierre incluirán el efecto de entrega de dividendos tanto en efectivo como en acciones.

3.1.6. LAS OPCIONES SON EUROPEAS

Se trabajará únicamente con opciones europeas. En el caso que se desee valuar opciones americanas se recomienda utilizar el Modelo Binomial o la simulación de Monte Carlo.

3.2. ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS INDIVIDUALES

Ciertamente el acertar los precios futuros de las acciones logra obtener mayores rendimientos en las estrategias de opciones. El poder predecir los precios que tendrán las acciones es uno de los objetivos más buscados por los inversionistas. Los dos métodos ampliamente usados son el análisis técnico y el análisis fundamentalista.

El análisis técnico es hacer interpretaciones de las gráficas de precios de acciones. En el libro *Tecnical Analysis of Stock Trends*[29], uno de los libros clásicos del análisis técnico, se afirma que el precio de una acción es determinado por el balance de oferta y demanda. Algunas estadísticas juegan un papel importante en el balance de oferta y demanda, pero argumentan que hay demasiados otros factores de los que no se registran estadísticas, que afectan también a la oferta y demanda. No obstante, todos estos factores son sintetizados, ponderados y finalmente expresados en una única figura precisa en la que el comprador y el vendedor hacen una transacción. Esta es la única figura que cuenta.

Explican también que los precios se mueven en tendencias y estas tendencias se mantendrán hasta que algo ocurra para cambiar el balance de oferta y demanda. Estos cambios son detectables en la acción del mercado. Ciertos patrones que tienen un significado aparecen en las gráficas, y pueden ser interpretados en términos de una probable tendencia futura del precio de la acción.

---

[29] EDWARDS, Robert D., MAGEE, John y BASSETTI, W.H.C. *Technical Analysis of Stock Trends*. 8va edición, St. Lucie Press. 2001, pgs 4 – 6.

El otro método ampliamente usado para predecir los precios futuros de las acciones es el análisis fundamentalista. Para este método importa poco el patrón de movimiento de los precios pasados de la acciones. El fundamentalista intenta calcular el valor adecuado de una acción, basándose principalmente en la tasa de crecimiento esperada de la empresa, los dividendos que paga, las tasas de interés y el riesgo. Al estimar estos factores, el fundamentalista encuentra un valor para la acción. Si el valor está encima del precio con el que cotiza la acción en el mercado, entonces se recomienda comprar la acción. Este tipo de análisis se basa en que eventualmente el mercado reflejará de manera precisa el valor real de la acción.

No obstante estos dos métodos de predicción de precios de acciones, algunos académicos argumentan que ni los técnicos ni los fundamentalistas pueden tener mayor rentabilidad en la bolsa que un principiante. Burton Malkiel[30], en uno de los libros clásicos de inversiones en acciones, afirma que los precios de mercado son tan eficientes que un chimpancé con los ojos vendados tirando dardos al *Wall Street Journal* puede elegir un portafolio que tiene un rendimiento tan bueno como los portafolios administrados por los expertos.

Dado que no hay consenso acerca de qué método es el adecuado y dado que el objetivo de esta tesis no es hallar un método para predecir los precios futuros de las acciones y superar los principales índices, no se dedicará un gran esfuerzo en intentar pronosticar el precio de las acciones. Simplemente nos apoyaremos en el análisis técnico elemental e intentaremos predecir la dirección de los precios en base a las tendencias de los últimos meses.

En el Anexo Nro. 24 se presenta una tabla adelantando las expectativas de rendimiento de las acciones. Cuando se elabore cada una de las estrategias se presentará y analizará la gráfica de precios históricos de la acción seleccionada para dicha estrategia. También se realizará, para cada estrategia, una simulación de los posibles precios finales de la acción y las utilidades de la estrategia en función a esos precios finales. Salvo la tasa de

[30] MALKIEL, Burton G. *A Random Walk Down Wall Street: The Time-Tested Strategy for Successful Investing*, 8va edición, W.H. Norton & Company Inc. 2003, pg 17.

crecimiento de las acciones, los parámetros utilizados para la simulación son los mismos con los que se halló el valor de las opciones, es decir, se utilizó un horizonte de simulación igual a un trimestre y se utilizó la volatilidad pronosticada para el tercer trimestre del 2004.

Se graficará un histograma de las utilidades simuladas de la estrategia. Para las situaciones donde no esté claro cuál es el efecto del precio de ejercicio sobre la máxima pérdida de la estrategia, se elaborará una gráfica de la máxima pérdida en función del precio final de ejercicio.

A modo de referencia, se muestra un resumen de todas las estrategias vistas en el Anexo Nro. 25, en el cual se indica cómo se elabora la estrategia y la gráfica de utilidades.

A continuación se realizará un análisis de las estrategias de opciones y acciones presentadas en el marco teórico. La acción que se asigne a cada estrategia, y la selección de precios de ejercicio de las estrategias, irá de acuerdo a las expectativas de rendimiento.

En términos generales, se tendrá cuidado con las estrategias que no limiten la máxima pérdida, se asignarán acciones en las que se tiene suficiente confianza en que el precio de la acción no vaya hacia la dirección contraria a la esperada.

Debido al extraordinario crecimiento que han tenido los principales índices de la BVL, en el 2003 y en la primera mitad del 2004, se procurará ser cauteloso con las estrategias que apuesten hacia la baja de la acción.

Otra razón por la cual es necesario tener prudencia al invertir en opciones se encuentra en la posibilidad de obtener una elevada pérdida en relación a lo invertido. Por ejemplo, cuando se posee una acción, se ganará o se perderá un porcentaje de la inversión, pero en ningún caso se perderá más de lo que se tiene invertido. Cuando se negocia con una opción, o un número de opciones iguales, es posible que la pérdida sea mucho mayor que el monto invertido inicialmente.

3.2.1. COMPRA DE UNA ACCIÓN

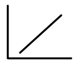
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Compra acción	Comprar Acción		GRAMONC1

Tabla 11: Aplicación de estrategia compra de acción

La compra de una acción es una estrategia muy simple, sin embargo es riesgosa. La máxima pérdida posible ocurrirá si el precio llega a cero, en cuyo caso se perderá todo el dinero invertido. La máxima ganancia no está limitada.

A manera de ilustración se eligió la acción GRAMONC1 para esta estrategia. Al observar EL gráfico de precios de GRAMONC1, mostrado en el Anexo Nro. 26, se infiere que la acción podría tener buenos retornos en el siguiente período. El precio de la acción al 30/06/04 es S/.0.42, la volatilidad pronosticada para el tercer período del 2004 es 44.38%. Si bien esta acción tiene una volatilidad relativamente alta, ha mostrado un crecimiento sostenido desde inicios del año 2003.

3.2.2. VENTA EN CORTO DE UNA ACCIÓN

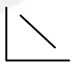
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Venta en corto	Vender en Corto Acción		CPACASC1

Tabla 12: Aplicación de estrategia venta en corto

Esta estrategia es inversa a la de la compra de una acción. Mientras que al comprar una acción se esperaba que el precio suba, acá se esperará que el precio baje. La máxima pérdida es ilimitada e igual a la máxima ganancia de la estrategia de compra de una acción. Por otro lado, la máxima ganancia al comprar en corto se dará en el caso que se de la máxima pérdida en la estrategia de compra de una acción, es decir, cuando el precio final de la acción sea igual a cero.

Para esta acción se eligió la acción CPACASC1, debido a que se tiene una mala expectativa de rendimiento y tiene una baja volatilidad (ver gráfico de precios del Anexo Nro. 27). El precio y la volatilidad son S/.1.64 y 6.53%, respectivamente. Al tener baja volatilidad da cierta confianza de que no va a haber un brusco cambio en los precios que nos haría perder gran cantidad de dinero.

3.2.3. COMPRAR UNA OPCIÓN CALL

Estrategia	**Componentes**	**Gráfico**	**Acción Seleccionada**
Compra call	Comprar Call		CONTINC1

Tabla 13: Aplicación de estrategia Compra *Call*

El gráfico de la tabla anterior muestra que la compra de una opción *call* es una estrategia alcista, es decir, se apuesta a que el precio de la acción alce; entre mayor el precio de la acción, mayores serán las ganancias. Asimismo, se observa también que la máxima pérdida posible está limitada. La máxima pérdida por cada opción comprada es igual al precio de la opción, C, y se logrará cuando la opción no sea ejercida. La máxima ganancia de esta estrategia no está limitada, aunque esto es a costa de que es necesario que el precio final de la acción sea superior a $S_T^* = X + C$ para poder obtener ganancias.

Para esta estrategia se eligió una acción con buena expectativa de rendimiento, CONTINC1. El precio de la acción al 30/06/2004 es de S/.2.44, la volatilidad pronosticada para el tercer trimestre del 2004 es de 13.68% anual. Ya que se tiene una buena expectativa, como se observa en el Anexo Nro. 28, se esperará que el precio suba 1 desviación estándar, es decir hasta 2.61.[31]. Debido a que en un mercado organizado difícilmente se encontrará una acción con precio de ejercicio de 2.61, se seleccionará un precio de ejercicio de 2.60.

---

[31] $S_0 + 1 * S_0 * \sigma * \sqrt{T} = 2.44 + 1 * 2.44 * 14\% * \sqrt{\frac{1}{4}} = 2.61 \cdot$

El valor de esta opción según el modelo de Black-Scholes será de 0.02[32]. El precio es bastante bajo debido a tres razones: el precio de la acción es bajo, la volatilidad es relativamente pequeña, y el precio de ejercicio seleccionado está a más de una desviación estándar por encima del precio de la acción que es un precio de ejercicio relativamente difícil de superar.

3.2.4. ESCRIBIR UNA OPCIÓN CALL

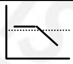
Estrategia	**Componentes**	**Gráfico**	**Acción Seleccionada**
Escribir call	Escribir Call		CVERDEC1

Tabla 14: Aplicación de estrategia Escribir *Call*

La estrategia de venta de una opción *call* es una estrategia que apuesta a la baja del precio de la acción. El que escribe la opción espera que el precio final de la acción sea menor que $X+C$, que es el precio de equilibrio de escribir una *call*, en cuyo caso se logrará obtener ganancias.

Las ganancias de esta estrategia están truncadas, la máxima ganancia posible por cada opción escrita es el precio de la opción, C, y se da cuando la opción no es ejercida. Por otro lado, si el precio final de la acción es mayor que $X+C$, la opción será ejercida. En cuyo caso las utilidades decrecerán de manera proporcional con respecto al precio final de la acción. A pesar de que la máxima pérdida también está limitada, ésta puede ser mucho mayor que la máxima ganancia.

Para esta estrategia se utilizará la acción CVERDEC1, cuyo precio es \$2.87 y la volatilidad es de 61.87%. En el Anexo Nro. 29 se observa que el precio creció solidamente entre los meses de diciembre y enero, y luego el precio parece tender hacia la baja. Si el precio de la acción tuviese un fuerte incremento nuevamente, nos podría hacer perder

[32] Para valuar la opción se utilizó una tasa libre de riesgo de 2.85% y un tiempo igual a ¼ de año. Estos dos datos se utilizarán para todas las opciones basadas en acciones en soles. Para las opciones basadas en dólares se utilizará el mismo tiempo, pero una tasa libre de riesgo de 1.29%.

grandes cantidades de dinero. Para protegernos de esto se elegirá un precio de ejercicio relativamente alto, con esto la máxima ganancia será menor, pero se tendrá una mayor protección en caso que el precio de la acción tenga un fuerte incremento. El precio de ejercicio será alrededor de 1 desviación estándar por encima del precio, lo que es \$3.76, que se puede redondear a \$3.75.

Con este precio de ejercicio el valor de la *call* será \$0.11. Éste valor es la máxima ganancia posible por opción. Pudo haber sido mayor si se seleccionaba un precio de ejercicio más bajo, aunque por otro lado, al elegir un precio de ejercicio alto será menos probable que se obtengan pérdidas, ya que el precio en la fecha de expiración deberá subir desde \$2.87 hasta más de $S_T^* = X + C = 3.75 + 0.11 = 3.86$ antes de que se empiece a perder dinero.

El valor de esta *call* es mucho mayor que el valor de la *call* de la acción de CONTINC1, a pesar de que los precios de ambas acciones son similares, y de que los precios de ejercicio de ambas opciones están 1 desviación estándar por encima del precio de las acciones. Esto se debe principalmente a que la acción de CVERDEC1 tiene una volatilidad considerablemente mayor, esto sirve también para ilustrar lo importante que es la volatilidad en la valuación de opciones.

3.2.5. COMPRAR UNA OPCIÓN PUT

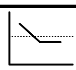
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Compra put	Comprar Put		MILPOC1

Tabla 15: Aplicación de estrategia Compra *Put*

La compra de una opción *put* es una estrategia que apuesta a la baja. Entre más decrezca el precio final de la acción se logrará obtener mayores utilidades. El riesgo de grandes pérdidas está limitado. En la peor de las situaciones para el comprador de la opción *put*, éste no ejercitará la opción y tendrá una pérdida de P por cada opción que haya comprado. La máxima ganancia también está limitada, aunque la ganancia puede ser mucho mayor, en términos absolutos, que la máxima pérdida. La situación de máxima ganancia se dará en el caso que la acción valga cero en la fecha de ejercicio, en cuyo caso se estará vendiendo un activo sin costo al precio de X, y la ganancia sería de $X - P$ por cada opción *put* comprada.

Como recomendación general para esta estrategia, conviene elegir una acción que se sospeche que va a bajar, pero que exista una posibilidad latente de que crezca fuertemente. De esta manera, si se cumple la sospecha se ganará más entre más baje el precio. Por el otro lado, si la sospecha prueba estar equivocada la pérdida estará limitada al precio de la *put*.

Se comprará una *put* de la acción MILPOC1. El precio y la volatilidad son S/.17.50 y 41.05%, respectivamente. Al observar el gráfico de precios de MILPOC1, en el Anexo Nro. 30, nos percatamos de que el precio de esta acción ha disminuido constantemente desde enero. Elegimos la compra de la *put* para esta acción porque esperamos que la acción siga con la tendencia hacia abajo. Y en caso que tenga otro cambio brusco la máxima pérdida será pequeña.

El precio de ejercicio será de aproximadamente 0.5 desviaciones estándar por debajo del precio actual, lo que equivale a 15.71, para estandarizar se seleccionará un precio de ejercicio igual a 15.75. De esta manera, el valor de la opción será de S/.0.62. A pesar de que esta estrategia tiene la máxima pérdida limitada, el elegir un precio de ejercicio de tal manera que la opción sea *out-of-the-money*, la hace una estrategia de alto riesgo. Para poder ganar dinero el precio de la acción deberá bajar de S/.17.50 a $S_T^* = X - P = 15.75 - 0.62 = 15.13$. Además, si el precio final de la acción es inferior al precio de ejercicio no se ejercitará la opción y se perderá todo el dinero invertido en esta opción.

3.2.6. ESCRIBIR UNA OPCIÓN PUT

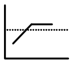
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Escribir put	Escribir Put		BAP

Tabla 16: Aplicación de estrategia Escribir *Put*

La venta de una opción *put* es una estrategia alcista, ya que entre más baje el precio de la acción mayores serán las pérdidas. El peor escenario para el que escribe la *put* es que el precio final de la opción sea cero, ya que tendrá que comprar un activo sin valor a un precio de X. La pérdida sería de $X - P$ por cada opción escrita. El escenario positivo se daría cuando el precio final de la opción es mayor que el precio de ejercicio, la opción no sería ejercida y no se pagaría ni recibiría nada en la fecha de expiración. La utilidad sería de P por cada opción escrita, que es la máxima utilidad posible.

Esta es una estrategia con posibles grandes pérdidas, ya que la máxima pérdida $X - P$ es mucho mayor que la máxima ganancia P. Sin embargo, ya que el precio de la acción debe llegar a un precio más bajo que el punto de equilibrio de $X - P$, en la mayoría de los casos se logrará una pequeña ganancia con esta estrategia.

Para esta estrategia se seleccionó la acción BAP. Se eligió esta acción ya que el precio de esta acción ha permanecido relativamente constante desde febrero (ver Anexo Nro. 31) y, si el precio sufriese una fuerte disminución las pérdidas serían grandes en esta estrategia.

Lo que se buscará en esta estrategia es que el precio final de la acción sea mayor que el precio de ejercicio, de tal manera que la opción no es ejercida y obtenemos de ganancia igual al valor al cual vendimos la *put*, P.Sin embargo, no es conveniente elegir un precio de ejercicio demasiado alto, porque el valor de la *put* sería pequeño, y en consecuencia nuestras ganancias también serían pequeñas.

Actualmente el precio es \$12.90, la volatilidad pronosticada para el siguiente período es 18.62%. Para esta opción el precio de ejercicio será alrededor del precio actual de la acción. El número estandarizado más cercano es \$13.00. El valor de una *put* con estas condiciones será igual a \$0.52.

3.2.7. COVERED CALL

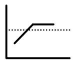
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Covered Call	Comprar Acción + Escribir Call		LUSURC1

Tabla 17: Aplicación de estrategia *Covered Call*

La *covered call* tiene una función de utilidad similar a la de escribir una opción *put*, por lo tanto las propiedades de su riesgo son también similares. La *covered call* es una estrategia alcista que ofrece algo de protección cuando el precio de la acción baja. Para conocer la magnitud de la protección que otorga la *covered call* respecto a la compra de la acción, tendremos que comparar ambas ecuaciones cuando $S_T < X$. Bajo esa condición, la utilidad de la *covered call* es $S_T - S_0 + C$ y la de la acción $S_T - S_0$, así que la *covered call* tendrá un exceso de utilidad de C con respecto a la simple compra de la acción, siempre que $S_T < X$.

Recordando el análisis del efecto del precio de ejercicio en el valor de una *call*, que se vio en el capítulo de principios de valuación de una opción *call*, se sabe que entre mayor el precio de ejercicio, menor será el valor de la *call*. Al aplicar este principio en el estudio de la *covered call*, encontramos que entre mayor sea el precio de ejercicio menor será el exceso de utilidad con respecto a la compra de la acción, por lo tanto menor será la protección.

La protección en el caso que el precio de la acción disminuya vendrá a costa de disfrutar menores utilidades en el caso que el precio aumente. Si se elige un precio de ejercicio alto, se obtendrá una máxima ganancia grande, porque el alto precio de ejercicio le permite al que escribe la *call* recibir una mayor cantidad de dinero por la acción si la *call* es ejercida. Por lo tanto entre mayor sea el precio de ejercicio mayores serán las máximas utilidades posibles.

Resumiendo la elección del precio de ejercicio, si se elige un mayor precio de ejercicio se tendrá una menor protección si el precio de la acción baja, pero una máxima utilidad posible más grande. A un menor precio de ejercicio se tendrá una mayor protección si la acción disminuye, pero una máxima utilidad posible más pequeña.

La acción que se utilizará para esta estrategia será LUSURC1, cuyo precio es de S/.4.24 y volatilidad de 8.72%. El Anexo Nro. 32 muestra el sólido crecimiento que ha tenido esta acción desde hace más de dos años, por lo que podemos esperar que el incremento sigua similar. El precio de ejercicio a seleccionar será de 1 desviación estándar por encima del precio actual, lo que equivale a un precio de S/.4.43. En nuestro afán de utilizar precios de ejercicio estándares, seleccionaremos S/.4.50.

El valor de la *call* será de S/.0.01. Si el precio final de la acción es mayor que $S_T^* = S_0 - C = 4.24 - 0.01 = 4.23$, se tendrá ganancias.

3.2.8. PROTECTIVE PUT

Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Protective Put	Comprar Acción + Comprar Put		CORAREI1

Tabla 18: Aplicación de estrategia *Protective Put*

Así como la función de utilidad de la *covered call* se asemejaba a la de escribir una *put*, la función de utilidad de la *protective put* es similar a la de comprar una *call*. La *protective put* es una estrategia alcista en la que la máxima pérdida tiene un tope. El peor escenario será que el precio final de la acción sea menor que el precio de ejercicio, en cuyo caso la pérdida será de $X - S_0 - P$.

La elección del precio de ejercicio de la *put* depende de qué tanta protección se desee. Una *protective put* con un alto precio de ejercicio tendrá una máxima pérdida posible de magnitud pequeña, pero si el precio de la acción subiese, el alto costo de la prima reducirá las ganancias. Inversamente, una *protective put* con un bajo precio de ejercicio tendrá una menor protección en caso que el precio de la acción baje, pero tendrá mayores ganancias en caso que el precio suba.

CORAREI1 será la acción que se utilizará en esta estrategia. Desde hace dos años esta acción ha tenido un muy buen crecimiento, especialmente a partir de inicios del año 2004. El precio de esta acción es S/.1.27 y la volatilidad pronosticada es de 47.93%. Debido al buen rendimiento de esta acción (ver Anexo Nro. 33) se seleccionará un precio de ejercicio que nos brinde mayores ganancias si el precio sube, a costa de una menor protección si el precio baja. El precio de ejercicio a elegir será 1 desviación estándar menor que el precio actual, es decir, S/.0.97, o redondeando, S/.1.00.

Con estos datos el valor de la *put* será de S/.0.02. Al elegir un precio de ejercicio bajo como S/.1.00, las pérdidas sólo estarán truncadas si el precio de la acción es inferior a S/.1.00

3.2.9. BULL SPREADS

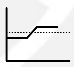
Estrategia	Componentes	Gráfico de Utilidad	Acción Seleccionada
Call Bull Spread	Comprar Call 1 + Escribir Call 2		BACKUSI1

Tabla 19: Aplicación de estrategia *Call Bull Spread*

El *bull spread* es una estrategia con riesgo limitado, ya que la máxima ganancia y la máxima pérdida están acotadas. Aunque la cantidad de riesgo que involucre esta estrategia dependerá de los precios de ejercicio que se elijan.

En general, mientras mayor sea la diferencia entre los dos precios de ejercicio la estrategia será más riesgosa, es decir, las máximas pérdidas y máximas ganancias serán mayores en términos absolutos.

La máxima perdida posibles es $-C_1 + C_2$. Entre menor sea X_1, mayor será C_1; y mientras más grande sea X_2, será menor C_2. En ambos casos aumentará, en términos absolutos, la máxima pérdida. Entonces, se estará más propenso a tener grandes pérdidas mientras menor sea el precio de ejercicio de la opción comprada y mayor sea el precio de ejercicio de la opción vendida.

La exploración de cuál debe ser la relación entre los precios de ejercicio y el precio de la acción también permite analizar el riesgo de la estrategia. Cuando se analizó la función de utilidad, se mencionó que cuando $X_1 < X_2 < S_T$ la utilidad siempre será positiva. Así que si ambos precios de ejercicio son menores que el precio inicial de la acción será más probable que ambas opciones acaben siendo ejercitadas y la estrategia conlleve a ganancias. Sin embargo, esto tiene sus inconvenientes, ya que en el caso que el precio de la acción se desplome las pérdidas serán más grandes que al haber optado por precios de ejercicio alrededor del precio inicial de la acción.

Análogamente, si se eligen ambos precios de ejercicio mayores que el precio inicial de la acción será más probable que ninguna opción sea ejercitada en la fecha de expiración y que se tengan pérdidas. Sin embargo, en el caso que el precio de la acción suba considerablemente las ganancias serán mayores.

Resumiendo, al elegir precios de ejercicio más bajos se obtendrán ganancias la mayor parte de veces, pero habrá el riesgo de mayores pérdidas. Si se eligen precios de ejercicio más elevados, serán menos las veces que se tengan utilidades, pero de tenerse utilidades, éstas serán mayores.

La acción de BACKUSI1, que se utilizará con esta estrategia, ha tenido un muy ligero incremento a partir del septiembre del 2003, aunque no queda claramente definido si la tendencia es hacia arriba o hacia abajo. El precio de cierre ajustado de la acción al 30/06/2004 es S/.1.0764 y la volatilidad pronosticada es de 28.26%.

Para la elección de los precios de ejercicio se consideran dos factores: la diferencia entre los precios de ejercicio, y que tanto mayores o menores que el precio actual se desea que sean los precios de ejercicio. Es una acción que no ha tenido una clara tendencia (ver Anexo Nro. 34) y a la que le hemos asignado una expectativa de rendimiento regular, así que se intentará ser conservador con esta estrategia. El promedio de los precios de ejercicio será ligeramente mayor que el precio actual, para reducir levemente la máxima pérdida. La diferencia entre los precios de ejercicio será de 1 desviación estándar. Si el promedio de los precios de ejercicio se toma como 1.10 y calcula 0.5 desviaciones estándar hacia arriba y hacia abajo, los precios de ejercicio serían 1.02 y 1.18. Estandarizando, se seleccionará el precio de ejercicio de la opción comprada en S/.1.00 y el precio de ejercicio de la opción escrita en S/.1.20.

Con estos datos el valor de la opción comprada sería S/.0.11, y el de la opción escrita, S/.0.02. La máxima ganancia de la estrategia se dará cuando se ejerzan las dos opciones y se obtendrá S/.0.11, y la máxima pérdida ocurrirá si no se ejerce ninguna opción, en cuyo caso se perderá S/.0.09.

3.2.10. BEAR SPREADS

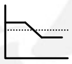
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Put Bear Spread	Escribir Put 1 + Comprar Put 2		VOLCABC1

Tabla 20: Aplicación de estrategia *Put Bear Spread*

Así como el *bull spread*, el *bear spread* también es una estrategia de riesgo limitado. La máxima ganancia y la máxima pérdida están establecidas desde el momento que se establece la estrategia. No obstante, mediante la elección de precios de ejercicio es posible cambiar el tamaño de la máxima ganancia y el de la máxima pérdida, así como el precio necesario para llegar a estas utilidades.

Para el *bear spread* se puede afirmar lo mismo que para el *bull spread* en cuestión de la diferencia de los precios de ejercicio de las dos opciones: mientras mayor sea la diferencia la estrategia será más riesgosa, es decir, las máximas pérdidas y máximas ganancias serán mayores en términos absolutos.

Por otro lado, escoger precios de ejercicio bajos en relación al precio inicial de la acción, llevará la mayor parte de veces a tener pérdidas pequeñas, y en los pocos casos en los que el precio de la acción baje sustancialmente se podrán tener grandes utilidades. Si se eligen precios de ejercicio altos, generalmente se tendrán pequeñas ganancias, y ocasionalmente se obtendrán pérdidas grandes.

La acción seleccionada para el *bear spread* es VOLCABC1. El precio y volatilidad estándar son S/.0.90 y 37.26%, respectivamente. Como se muestra en el gráfico de precios del Anexo Nro. 35, el precio de esta acción tuvo un muy sólido crecimiento entre diciembre del 2002 y marzo del 2003, pero en el segundo trimestre del 2004 el precio sufrió una fuerte disminución.

El promedio de los precios de ejercicio será menor que el precio de la acción, esperando que el precio baje sustancialmente y se logre obtener grandes ganancias. Si el precio no bajase considerablemente, o incluso subiese, la pérdida será pequeña.

Se elegirá un promedio de precios de ejercicio de 0.82, y se seleccionará el primer precio de ejercicio en 0.5 desviaciones estándar por abajo, y el segundo precio de ejercicio en 0.5 desviaciones estándar por arriba. De esta manera, los precios de ejercicio serán 0.74 y 0.90, redondeando, S/.0.75 y S/.0.90.

El valor de la opción *put* escrita será S/ 0.01 y de la *put* comprada S/.0.06. La máxima pérdida será igual a S/ 0.05 por par de opciones, y la máxima ganancia será igual a S/.0.10 por par de opciones.

3.2.11. *COLLAR*

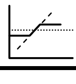
Estrategia	**Componentes**	**Gráfico**	**Acción Seleccionada**
Collar	Acción + Comprar Put 1 + Escribir Call 2		BUENAVC1

Tabla 21: Aplicación de estrategia *Collar*

La función de utilidad de una estrategia *collar* es parecida a la de un *bull spread*. Ambas son estrategias alcistas, y en ambas estrategias la máxima ganancia y la máxima pérdida están limitadas.

Si se desea establecer un *collar* costo cero[33], sólo se podrá seleccionar o el precio que te hará llegar a la máxima utilidad, o el precio que te hará llegar a la máxima pérdida. Esto se debe a que un precio de ejercicio se selecciona y el otro será determinado por el primer precio de ejercicio.

Supongamos que se desea establecer un *collar* de costo cero y se decide seleccionar el precio de ejercicio de la *put*, en vez del precio de ejercicio de la *call*. Entre más pequeño el precio de ejercicio de la *put* mayores serán la máxima pérdida y la máxima ganancia, y consiguientemente más riesgosa será la estrategia. Por otro lado, si se decide seleccionar el precio de ejercicio de la *call*, entre más grande sea éste precio de ejercicio, más riesgosa será la estrategia.

La acción seleccionada es BUENAVC1, cuyo precio es de S/.76.00 y volatilidad de 43.97%. El Anexo Nro. 36 muestra que el precio de esta acción tuvo una tendencia positiva hasta inicios de diciembre, a partir de ahí el precio ha disminuido. En realidad BUENAVC1 no es una acción ideal para esta estrategia, BUENAVC1 viene decreciendo y un *collar* costo cero es una estrategia alcista[34]. Sin embargo, son dos las razones por las que se eligió esta acción. Por un lado, a prácticamente todas las acciones mineras se les está asignando estrategias bajistas, así que un evento que afecte positivamente la industria minera podría impactar severamente el portafolio, así que en cierta manera se diversifica eligiendo BUENAVC1 para una estrategia alcista.

Debido a que BUENAVC1 no es idónea para la *collar* costo cero, se elegirá el precio de ejercicio de manera conservadora. Dado que entre mayor sea el precio de ejercicio de la *put* menos riesgos será la acción, se elegirá un precio de sólo 0.25 desviaciones estándar debajo del precio actual. El precio de ejercicio de la *put*, según este criterio, sería igual a 71.82, pero para tener un precio de ejercicio que probablemente exista en un mercado de opciones, se redondeará a S/.70.

---

[33] Recuerde que un *collar* de costo cero es aquel *collar* en el que el valor de la put es igual al valor de la call, de tal manera que si ya se posee la acción, no habrá ningún costo en el momento de establecer esta estrategia.

[34] Si se eligiera el precio de ejercicio de la put más alto que el de la call, la estrategia apostaría a la baja del precio de la acción, por lo que sería una estrategia más adecuada para esta acción. Pero para efectos de ilustración del *collar* mayormente utilizado, el precio de ejercicio de la call será más alto que el de la put.

El valor de la opción *put* será S/.3.64. Para que el *collar* se acerque a un *collar* de costo cero, se tendrá que seleccionar un precio de ejercicio para la *call*, de tal manera que el valor de la *call* también sea S/.3.64. El precio de ejercicio que hace que la *call* tenga un valor igual al de la *put* es de S/.84.87, el cual se redondeará a S/.85.00. Con este último precio de ejercicio estándar la *call* valdrá S/.3.60.

3.2.12. BUTTERFLY SPREADS

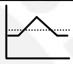
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Butterfly	Comprar Call 1 + Escribir 2 * Call 2 + ComprarCall 3		TEF

Tabla 22: Aplicación de estrategia *Butterfly*

De todas las estrategias que se han visto hasta el momento ésta es la primera que no se puede clasificar como estrategia alcista o estrategia que apueste a la baja del precio de la acción. Esto se debe a que al elaborar una estrategia *butterfly* el inversionista no esta apostando ni a que el precio suba, ni a que el precio baje, sino se está apostando a que el precio final estará dentro de un cierto rango.

La elección del precio de ejercicio podrá hacer que esta estrategia sea más riesgosa o menos riesgosa. Mientras más alejados entre sí estén los precios de ejercicio X_1 y X_3, es de esperarse que los puntos de equilibrio también estén más alejados entre sí. Por lo tanto el rango al que el precio final deberá pertenecer para tener ganancias será más grande. Es decir, será más fácil obtener utilidades. No obstante, al elegir precios de ejercicio más alejados entre sí, la pérdida máxima será mayor en términos absolutos.

Si se eligen precios de ejercicio cercanos entre sí, será más difícil obtener utilidades, pero la máxima pérdida posible será más pequeña.

Se ha examinado el efecto de elegir los precios de ejercicio X_1 y X_3 cercanos o alejados entre sí, pero aún no se ha analizado qué X_2 se deberá elegir. Para éste análisis se fijará la diferencia entre X_1 y X_3. Digamos que deseamos elegir X_2 de tal manera que maximicemos las probabilidades de que S_T acabe en el rango en el que se obtienen ganancias. ¿Qué valor deberá tener X_2?

Recordemos que se obtienen ganancias siempre que S_T termine dentro de un intervalo de precios limitados por los puntos de equilibrio. El punto medio del intervalo es X_2. Por lo tanto, si queremos maximizar las probabilidades de obtener ganancias se elegirá X_2 igual al valor que se estime que tendrá la acción en la fecha de expiración[35].

Así que entre más se aleje X_2 del esperado de S_T menor será la probabilidad de que se obtengan ganancias. Sin embargo, también serán menores la magnitud de la máxima pérdida y de la máxima ganancia.

La acción elegida para esta estrategia es TEF. Esta acción tiene un precio $44.34 y se pronostica una volatilidad para el tercer trimestre del 2004 de 20.48%. Se seleccionó esta acción ya que si bien ha tenido ciertos cambios de dirección en la tendencia éstos han sido secundarios, esto se observa en el Anexo Nro. 37. La tendencia principal ha sido creciente desde hace dos años. Pareciera ser una acción con un precio futuro más fácil de pronosticar que el resto de acciones del portafolio.

Vamos a pronosticar que el precio se incrementará en 0.5 desviaciones estándar. Esto haría que el pronóstico de precio, o precio de ejercicio de la opción 2, sea $46.56, valor que se puede redondear a $47.00. Los precios de ejercicio de la *call* 1 y de la *call* 3 se situarán 0.75 desviaciones estándar por debajo y por encima del precio de ejercicio de la *call* 2. Los precios de ejercicio de la *call* 1 y *call* 3 serían $43.48 y $50.52, respectivamente. Se elegirá un precio de ejercicio de $44.00 para la *call* 1 y de $50.00 para la *call* 3.

---

[35] Existe una fórmula para hallar el valor estimado del precio final de la acción, sin embargo, dicha fórmula requiere que se ingrese el rendimiento esperado y éste parámetro es sumamente difícil de predecir, por lo que no se utilizará la fórmula.

El inconveniente de esta estrategia es que se compran cuatro opciones por cada estrategia individual, si hubiesen costos de transacción, la rentabilidad de esta estrategia ser vería seriamente afectada.

3.2.13. STRADDLES

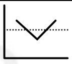
Estrategia	**Componentes**	**Gráfico**	**Acción Seleccionada**
Straddles	Comprar Call + Comprar Put		ATACOI1

Tabla 23: Aplicación de estrategia *Straddles*

Con los *straddles* ocurre lo mismo que con el *butterfly spread*: son estrategias que no se pueden clasificar como estrategias alcistas o estrategias que apuestan a la baja. Mientras que en el *butterfly spread* el inversionista intenta predecir cuál será el precio final de la acción, en una estrategia de *straddles* intentará predecir cuál no será el precio final de la acción.

El precio de ejercicio que se elegirá deberá ser un valor que se sospeche que no será igual al precio final de la acción. Si el precio final de la acción es igual al precio de ejercicio no se ejercitará ni la *call* ni la *put* y se incurrirá en la máxima pérdida al pagar las primas de las dos opciones y no recibir nada a cambio. Una acción ideal para esta estrategia será aquella en la que se crea que hay igual probabilidad de que el precio final de la acción sea mayor que el precio de ejercicio y de que el precio final sea menor que el precio de ejercicio.

Esta estrategia se deberá usar cuando se sospeche que el precio de la acción variará sustancialmente, pero no se tenga certeza hacia qué dirección variará dicho precio, por ejemplo cuado se discute la aprobación de una ley que afectará a cierta empresa.

La máxima pérdida es igual a la suma de los precios de las opciones. Mientras mayor sea el precio de ejercicio más valdrá la *call* y menos la *put*. Y mientras menor sea el precio de ejercicio más valdrá la *put* y menos la *call*. Por tanto, no es fácil intuir cómo varía la máxima pérdida al seleccionar diferentes precios de ejercicio. Para aclara este aspecto se elaboró el Anexo Nro. 38 donde se observa cómo evoluciona la máxima pérdida al variar el precio de ejercicio. Del gráfico se determina que, en términos generales, la menor máxima pérdida se obtiene cuando el precio de ejercicio es cercano al precio actual de la acción.

La acción seleccionada para esta estrategia es ATACOI1. El precio de la acción es S/.1.39, y la volatilidad pronosticada es de 43.47%. El precio de la acción ha tenido un fuerte incremento desde hace 2 años, pero en los últimos tres meses el precio ha tenido un comportamiento errático.

Se seleccionará un precio de ejercicio cercano al precio actual de la acción. Un precio de ejercicio estándar será de S/.1.40. Confiaremos en que continúe el movimiento errático del precio de la acción para que el precio final sea lejano a S/.1. 40.

Tanto el valor de la *call* como el de la *put* será de S/.0.12. Por ello el precio final de la acción deberá ser menor que $S_T^* = X - C - P = 1.40 - 0.12 - 0.12 = 1.16$ o mayor que $S_T^* = X + C + P = 1.40 + 0.12 + 0.12 = 1.64$ para poder obtener ganancias. Los precios de equilibrio son bastante lejanos al precio actual debido a que la alta volatilidad de la acción origina que los precios de las opciones sean mayores. Es importante resaltar esto último, no siempre será conveniente elegir una acción con alta volatilidad para una estrategia de *straddles* ya que los precios de equilibrio estarán más alejados del precio de ejercicio, por lo que el rango del precio final en el cual se obtienen pérdidas será mayor.

3.2.14. *STRAPS*

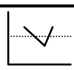
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Straps	Comprar 2 * Call + Comprar Put		EDEGELC1

Tabla 24: Aplicación de estrategia *Straps*

Una estrategia de *straps* consiste en comprar dos *calls* por cada *put* comprada. Es una estrategia similar a los *straddles* pero se piensa de que hay mayor probabilidad que el precio suba a que baje.

La máxima pérdida es la suma del costo de dos opciones *call* y una *put*. Así que, al igual que los *straddles*, la selección de los precios de ejercicio no queda clara, y se tiene que analizar el Anexo Nro. 39.Como se observa en dicho anexo, en esta estrategia generalmente la máxima pérdida más pequeña se da cuando se eligen precios de ejercicio ligeramente mayores que el precio actual[36].

El precio ajustado de la acción de EDEGELC1, que se utilizará para esta estrategia es S/.1.4316, y la volatilidad es 13.18%. El precio de esta acción, principalmente, ha subido desde hace dos años, con pequeños períodos en que bajaba. Se esperará que siga subiendo el precio, pero si hubiese un cambio brusco y el precio disminuyera igual se logarían utilidades. Dado que el precio de ejercicio será similar al precio actual, lo que no se desea es que el precio final de la acción sea igual al precio inicial.

El precio de ejercicio será igual a S/.1.45, que es bastante cercano al precio actual de la acción. La opción *call* valdrá S/.0.03 y la *put* S/.0.04. La máxima pérdida será igual a S/.0.10. El primer precio de equilibrio es de $S_T^* = X - 2 \times C - P = 1.45 - 2 \times 0.03 - 0.04 = 1.35$ y el segundo $S_T^* = X + C + \frac{P}{2} = 1.45 + 0.03 + \frac{0.04}{2} = 1.50$.

La ventaja de esta estrategia frente a un *straddles* es que se pueden lograr mayores utilidades si el precio se incrementa. Sin embargo, la desventaja de esta estrategia es que se tienen que comprar tres opciones en vez de dos. Así que en términos generales se podría decir que la máxima pérdida es 50% mayor.

---

[36] Hasta cierto punto, la máxima pérdida será menor al decrecer el precio de la call a costa de un incremento del precio de la put. Esto se da cuando se incrementa el precio de ejercicio.

Para el caso en particular de la opción de EDEGELC1, la baja volatilidad de la acción hace que las opciones sean de bajo precio, por lo cual la máxima pérdida también será pequeña.

3.2.15. *STRIPS*

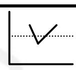
Estrategia	Componentes	Gráfico	Acción Seleccionada
Strips	Comprar Call + Comprar 2 * Put		MINSURI1

Tabla 25: Aplicación de estrategia *Strips*

Una estrategia de *strips* consiste en comprar dos *puts* por cada *call* comprada. Es una estrategia similar a los *straddles* pero se piensa que hay mayor probabilidad de que el precio baje a que suba.

La máxima pérdida es la suma del costo de una opción *call* y dos *puts*. En esta estrategia generalmente la máxima pérdida más pequeña se da cuando se eligen precios de ejercicio ligeramente menores que el precio actual[37].

La acción que se utilizará es MINSURI1, cuyo precio ajustado se encuentra en S/.7.82 y la volatilidad pronosticada es de 29.73%. El precio en los últimos 4 meses ha tenido fuertes subidas y bajadas, esto se puede ver en el Anexo Nro. 40.

Se elegirá un precio de ejercicio ligeramente menor que el precio actual de la acción, de S/.7.50. Con este precio de ejercicio, la opción *call* valdrá S/.0.66 y la opción *put* S/.0.30. La máxima pérdida será igual a S/.1.26. Si el precio baja, tendrá que ser menor que $S_T^* = X - \frac{C}{2} - P = 7.50 - \frac{0.66}{2} - 0.30 = 6.87$ para obtener ganancias. Por otro lado, si el

[37] Para el caso de los strips, hasta cierto punto, la máxima pérdida será menor al decrecer el precio de la put a costa de un incremento del precio de la call. Esto se da cuando se reduce el precio de ejercicio.

precio sube, tendrá que ser mayor que $S_T^* = X + C + 2 \times P = 7.50 + 0.66 + 2 \times 0.30$ $= 8.76$.

3.3. ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DEL PORTAFOLIO DE ESTRATEGIAS

3.3.1. ELABORACIÓN DEL PORTAFOLIO DE ESTRATEGIAS

En el capítulo anterior se elaboraron las estrategias individuales de opciones que conformarán el portafolio, las cuales se resumen en el Anexo Nro. 41. En esta sección se asignará el número de estrategias individuales de cada acción que se utilizará, es decir, cuántas opciones de cada acción negociar.

Cuando se desea crear un portafolio de acciones el inversionista le asigna un peso a cada acción de acuerdo a qué tan atractiva le resulte ésta, y luego reparte el monto de dinero que desea invertir entre todas las acciones según los pesos asignados. Sin embargo, esta no es una manera recomendable de establecer un portafolio de opciones. La razón está en que es posible negociar opciones invirtiendo una muy pequeña cantidad de dinero, comparado con los montos que se recibirán o pagarán en la fecha de expiración de la opción. Mas aún, si uno escribe una opción no desembolsa dinero, sino que recibe un monto igual al precio de la opción.

Para establecer el portafolio de opciones es más recomendable considerar la máxima pérdida que puede originar una estrategia, en vez de considerar el monto invertido en cada estrategia. Por ejemplo, supongamos que se dispone de S/.10,000 y se desea invertir en la estrategia *bear spread* de VOLCABC1 y la *protective put* de CORAREI. La primera requiere un desembolso de S/.0.05 por cada estrategia, y la segunda S/.1.29 por cada estrategia. Si se decidiera tomar el enfoque de acciones se podría asignar S/.5,000 a cada estrategia, de tal modo que se tendrían 3,876 *bear spreads* de VOLCABC1 y 100,000 *protective put* de CORAREI1. La máxima pérdida, que puede originar la inversión en VOLCABC1 es S/.194 y la de CORAREI1 es de S/.29,000. A pesar de que se invirtió lo mismo en ambas estrategias, los resultados de cada una pueden ser estrepitosamente distintos.

Consiguientemente, para establecer el portafolio de opciones de esta tesis, se estimó la máxima pérdida de cada estrategia. Para las estrategias en que la pérdida no esta truncada, se pronosticó la mayor pérdida en un escenario de 95% de probabilidad. Esta información es mostrada en el Anexo Nro. 42.

Luego se eligió el número de estrategias a comprar de cada acción, de tal manera que la máxima pérdida posible del monto invertido en cada estrategia sea igual a S/ 1,000.

En la tabla siguiente se estima el número de estrategias a negociar. Para ello las máximas pérdidas en dólares son cambiadas a soles[38], luego se calcula el número exacto de posiciones para que la máxima pérdida no supere los S/ 1,000. Recuerden que cuando se presentó el mercado organizado de opciones se dijo que cada contrato de opciones era de 100 opciones. Debido a ello, se redondeó el número de posiciones para que sea múltiplo de 100.

Por lo tanto el portafolio de acciones y opciones será el siguiente,

[38] El tipo de cambio bancario promedio al 30/06/2004 es S/: 3.471 /$

Nemonico	Estrategia	Máxima Pérdida Unitaria	Máxima Pérdida Unitaria (S/.)	Máxima Pérdida Total	Número de Posiciones	Número Redondeado de Posiciones
GRAMONC1	Compra acción	S/. 0.15	S/. 0.15	S/. 1,000	6,667	6,700
CPACASC1	Venta en corto	S/. 0.13	S/. 0.13	S/. 1,000	7,692	7,700
CONTINC1	Compra call	S/. 0.02	S/. 0.02	S/. 1,000	50,000	50,000
CVERDEC1	Escribir call	$1.18	S/. 4.10	S/. 1,000	244	200
MILPOC1	Compra put	S/. 0.62	S/. 0.62	S/. 1,000	1,613	1,600
BAP	Escribir put	$1.75	S/. 6.07	S/. 1,000	165	200
LUSURC1	Covered Call	S/. 0.32	S/. 0.32	S/. 1,000	3,125	3,100
CORAREI1	Protective Put	S/. 0.29	S/. 0.29	S/. 1,000	3,448	3,400
BACKUSI1	Call Bull Spread	S/. 0.09	S/. 0.09	S/. 1,000	11,111	11,100
VOLCABC1	Put Bear Spread	S/. 0.05	S/. 0.05	S/. 1,000	20,000	20,000
BUENAVC1	Collar	S/. 6.04	S/. 6.04	S/. 1,000	166	200
TEF	Butterfly	$0.62	S/. 2.15	S/. 1,000	465	500
ATACOI1	Starddle	S/. 0.24	S/. 0.24	S/. 1,000	4,167	4,200
EDEGELC1	Strap	S/. 1.26	S/. 1.26	S/. 1,000	794	800
MINSURI1	Strip	S/. 0.10	S/. 0.10	S/. 1,000	10,000	10,000

Tabla 26: Portafolio de Opciones

Como se observa en la tabla, el número de posiciones varía grandemente entre estrategias, con 200 posiciones por estrategia hasta 50,000. Empero, situándonos en el peor escenario de 95% de probabilidad de ocurrencia, ninguna estrategia tendrá una pérdida mayor a S/.1,000.

En el Anexo Nro. 43 se presenta el detalle de las transacciones realizadas para establecer el portafolio y qué cantidad de dinero se requiere desembolsar. Como se observa en dicho anexo, para elaborar el portafolio se requerirá de S/.43,140[39]. En base al anexo es posible elaborar la siguiente tabla:

Instrumento	Posición		Total
	Compra	Venta	
Acción	S/. 35,476	S/. 0	S/. 35,476
Call	S/. 7,931	-S/. 4,069	S/. 3,862
Put	S/. 4,356	-S/. 554	S/. 3,802
Total	S/. 47,763	-S/. 4,623	S/. 43,140

Tabla 27: Desembolso de portafolio de opciones por instrumento

[39] Se ha asumido que no es necesario márgenes para establecer las opciones. Es decir, que el broker no solicita al inversionista que deposite una cantidad de dinero en una cuenta bancaria para reducir el riesgo crediticio.

En la tabla anterior se observa que de los S/.43,140 requeridos para establecer el portafolio, S/.35,476 son para comprar las acciones, y sólo S/.7,664 son gastados comprando y vendiendo las opciones *call* y *put*. Esto se debe a que el precio unitario de una opción es considerablemente menor al de una acción.

3.3.2. ANÁLISIS DEL PORTAFOLIO DE ESTRATEGIAS

a. Simulación de Portafolio de Opciones

La simulación permitirá evaluar cuál es el rango de valores probables de utilidad del portafolio. Asimismo, será posible analizar si el portafolio logra evitar grandes pérdidas, o si es igual de probable obtener una ganancia grande que obtener una gran pérdida.

Los pasos a seguir para simular el portafolio son los siguientes:

1. Estimación de correlaciones de los rendimientos de las acciones del portafolio.
2. Simulación de variables aleatorias normales correlacionadas.
3. Simulación de precios de las acciones al final del trimestre. Cabe aclarar que no se simularán los precios que toman las acciones al final de cada día, sino únicamente el precio de la acción al final del trimestre.
4. Cálculo de utilidades unitarias en la misma moneda de la acción.
5. Simulación de tipo de cambio.
6. Transformación de utilidad unitaria en dólares a utilidad unitaria en soles, de las acciones valuadas en dólares.
7. Cálculo de utilidad total en soles.

Con el propósito de esclarecer el proceso de simulación se elaboró el Anexo Nro. 44 donde se muestra un diagrama de flujo de la simulación del portafolio de opciones con la información requerida para cada etapa. El número de réplicas utilizadas en la simulación fueron 10,000.

Al simular cualquier portafolio de activos es necesario evaluar si los rendimientos de los activos tienen correlación. En el caso de los rendimientos de las acciones es común que presenten algún grado de correlación. En el Anexo Nro. 45 se presenta la matriz de correlaciones de los rendimientos de las acciones del portafolio.

Al analizar esta matriz se observa que las acciones mineras están claramente relacionadas entre sí. Más aún, entre los rendimientos de las acciones de ATACOI1, CVERDEC1, MILPOC1, MINSURI1, VOLCABC1 se encuentran varias correlaciones mayores a 0.5. Extrañamente, la acción de BUENVAC1, siendo también una compañía minera, no tiene ninguna correlación mayor a 0.5. Las acciones de LUSURC1 y EDEGELC1 son las que menos correlacionadas están con el resto del portafolio.

Con la matriz de correlaciones se simulan variables normales estándar correlacionadas. Recuerde que para generar variables normales correlacionadas se multiplica

$$X = (C^T \times Z)^T ,$$

donde: X es la matriz de variables normales estándar correlacionadas,
C es la descomposición de Cholesky de la matriz de correlaciones,
Z es la matriz de variables aleatorias estándar independientes.

A partir de los números aleatorios normales correlacionados es posible simular los precios de las acciones. La simulación se realizará para un horizonte de tiempo de un trimestre, el precio de las acciones será el precio de cada acción al iniciar dicho trimestre, y se aplicará la volatilidad estimada para el tercer trimestre. La tasa de crecimiento que se utilizará para cada opción se derivará de las expectativas de rendimiento que se utilizaron para establecer la estrategias, las cuales fueron presentadas en el Anexo Nro. 24. No obstante, las expectativas de rendimiento fueron expresadas cualitativamente, por lo que deberán ser cuantificadas.

El punto de partida para cuantificar las expectativas será analizar cuál es el rango de variación de las tasas de crecimiento de un portafolio. La evaluación se basará en los rendimientos durante el segundo trimestre de las acciones seleccionadas para el portafolio de opciones. Como se puede observar en el Anexo Nro. 46; donde se muestra el precio inicial, precio final y rendimiento de las acciones en mención; los rendimientos de las acciones durante un trimestre van desde -25% hasta 35%, en términos trimestrales.

El lector podría sugerir utilizar el rendimiento del 2do trimestre como tasa de crecimiento para la simulación del 3er trimestre, sin embargo es conocido que el rendimiento de un período es un muy mal pronóstico del rendimiento del siguiente período. Por lo que se utilizará el rendimiento del 2do trimestre simplemente para tener una referencia de hasta qué extremos pueden ir los rendimientos durante un período dado.

Para el tercer trimestre se utilizarán pronósticos conservadores. Si bien el rango en el que variaron los rendimientos durante el segundo trimestre estuvo entre -25% y 35%, los rendimientos que se utilizarán para el tercer trimestre serán más moderados, éstos variarán entre -15% y 15% en términos trimestrales. Por lo tanto la cuantificación de las expectativas cualitativas utilizadas en el capítulo 3 de este trabajo, está definido por la siguiente tabla:

Expectativa de Rendimiento	Rendimiento Trimestral	Rendimiento Anual
Muy Pobre	-15.00%	-47.80%
Pobre	-7.50%	-26.79%
Regular	0.00%	0.00%
Bueno	7.50%	33.55%
Muy Bueno	15.00%	74.90%

Tabla 28: Cuantificación de expectativas de rendimiento

Con los precios simulados se estima la utilidad de cada opción. En este punto surge un inconveniente: las acciones de BAP, CVERDEC1 y TEF son cotizadas en dólares y por lo tanto la utilidad de las opciones sobre estas acciones está en dólares. También será necesario simular el valor de tipo de cambio debido a que aún no se conoce el tipo de cambio de la fecha de expiración de las opciones.

Para simular el tipo de cambio se utilizará un movimiento browniano geométrico. Se asumirá que la devaluación es cero, con ello la tasa de crecimiento del tipo de cambio utilizada en el modelo de movimiento browniano geométrico será cero. La volatilidad del tipo de cambio se estimará mediante la fórmula de desviación estándar aplicada sobre el segundo trimestre del año 2004. En el Anexo Nro. 47 se muestra la evolución del tipo de cambio durante el período de tiempo citado. La volatilidad de los rendimientos del tipo de cambio durante ese período de tiempo fue de 1.19%, y éste será el parámetro de volatilidad que se utilizará en el modelo. Los otros dos parámetros del modelo son el tipo de cambio inicial, igual a 3.471 S/./ $, y el tiempo de la simulación, que es igual a la vida de las opciones, 1 trimestre.

El tipo de cambio simulado permitirá convertir las utilidades de las acciones valuadas en dólares a soles. Luego de obtener todas las utilidades unitarias en soles, se multiplicará la utilidad por el número de posiciones negociadas. Este cálculo nos brindará la utilidad total.

Mediante la simulación de Monte Carlo se halla el histograma de las utilidades del portafolio.

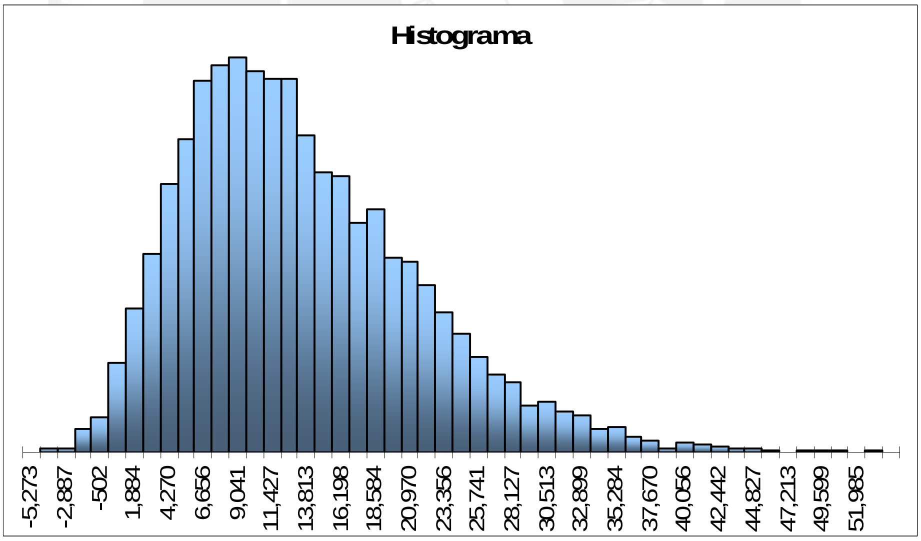


Gráfico 24: Histograma de utilidades del portafolio de opciones

b. Análisis del Portafolio de Opciones Simulado

Cuando se elaboraron los histogramas de estrategias individuales se notó que muchos de ellos consistían básicamente en uno o dos picos donde se acumulaba la gran cantidad de resultados de utilidad. Por ello resulta interesante que el histograma del portafolio no presente picos o acumulaciones de datos, sino sea bastante continuo.

Al comparar el histograma obtenido con las distribuciones conocidas, se halla que la distribución lognormal es la que presenta mayor similitud. No obstante, al aplicar pruebas de bondad de ajuste[40] la distribución es rechazada. Es decir, el histograma no pertenece a ninguna distribución de probabilidad conocida. Sin embargo, el histograma tiene similitudes a una distribución lognormal, aunque con un menor sesgo. Esto se puede apreciar claramente en el Anexo Nro. 48 donde se presenta una comparación entre la distribución de las utilidades del portafolio y una distribución lognormal.

El histograma tiene un sesgo hacia la derecha. Gracias a este sesgo en un escenario muy negativo (sea un escenario con 5% de probabilidad de ocurrencia) la pérdida no tendrá una magnitud tan grande como la ganancia en un escenario muy positivo (también con una probabilidad de ocurrencia de 5%). Esto lo confirma el intervalo de confianza de la utilidad, cuyos extremos representan los escenarios con probabilidad de ocurrencia de 5%; el intervalo estará entre S/.[647, 31 950][41].

Una pregunta que puede surgir es: ¿qué efecto tiene el tipo de cambio en las utilidades del portafolio? Debido a que la volatilidad estimada del tipo de cambio es muy baja (1.19%) y a que sólo 3 de las 15 opciones del portafolio se ven afectadas por el tipo de cambio, éste no tendrá un efecto gravitante en las utilidades del portafolio. En el Anexo Nro. 49 se muestra dos histogramas superpuestos, en el primer plano se observa el histograma con los efectos de la variación en el tipo de cambio, y en el plano de atrás se encuentra un histograma en el que el tipo de cambio se mantiene constante. Las pequeñas líneas horizontales rojas del histograma son donde a causa de una variación en el tipo de cambio la utilidad del portafolio es menor. Como se aprecia, el efecto del tipo de cambio es muy pequeño.

---

[40] Se utilizó la prueba Chi-cuadrado.
[41] Dado que la distribución de probabilidad de la utilidad del portafolio no sigue una distribución normal, estos dos parámetros han sido calculados mediante simulación de Monte Carlo, y no mediante la fórmula de intervalos de confianza de la distribución normal.

Según la simulación realizada con 10,000 réplicas, la utilidad esperada del portafolio es S/.12,848. Si se considera que se invirtió S/.43,140, la rentabilidad trimestral esperada será $\frac{12{,}848}{43{,}140} = 29.78\%$, que en términos anuales representa una rentabilidad de $(1 + 0.2978)^4 - 1 = 184\%$.

c. Simulación del Portafolio Equivalente de Acciones

Para tener un punto de comparación se generará un portafolio de acciones. Dicho portafolio será lo más parecido posible al portafolio de opciones establecido en las secciones anteriores. Luego de establecer el portafolio de acciones se simularán los resultados posibles y se compararán con los resultados del portafolio de opciones.

Después de haber generado un portafolio de opciones resulta simple generar un portafolio de acciones. No obstante se debe mencionar un cambio sustancial respecto al portafolio de opciones, el cual se encuentra en la decisión de número de posiciones por acción. En el portafolio de opciones la decisión del número de posiciones se tomaba en función al riesgo de cada posición individual. Por ejemplo, las acciones de ATACOI1 y EDEGELC1 tenían precios similares, no obstante la estrategia de ATACOI1 generaba una máxima pérdida posible sustancialmente superior a la máxima pérdida de la estrategia de EDEGELC1. El bajo riesgo de EDEGELC1 nos permitió establecer un mayor número de posiciones que en el caso de la otra estrategia en mención.

La decisión del número de posiciones a establecer para el portafolio de acciones, se definirá por el monto de dinero a invertir por nemónico. En principio, para todos los nemónicos se invertirá la misma cantidad de dinero y en función al precio inicial de la acción se hallará el número de posiciones. Hay una salvedad para el caso de las ventas en corto, la cual se debe a que no se realiza ninguna inversión para establecer una estrategia de este tipo[42]. Por esta razón, el número de posiciones a vender en corto será

---

[42] En un mercado ordinario, el inversionista que desea vender una acción en corto tiene la obligación de mantener cierta cantidad de dinero en una cuenta, lo que es llamado márgen. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, en esta tesis no se consideran lo márgenes.

igual al número de posiciones que se pudo haber establecido si se compraban las acciones en vez de venderlas en corto.

A excepción del criterio del número de posiciones a establecer, todos los pasos de la generación del portafolio de acciones son iguales a los del portafolio de opciones.

El resultado de la simulación del portafolio de acciones se muestra a continuación:

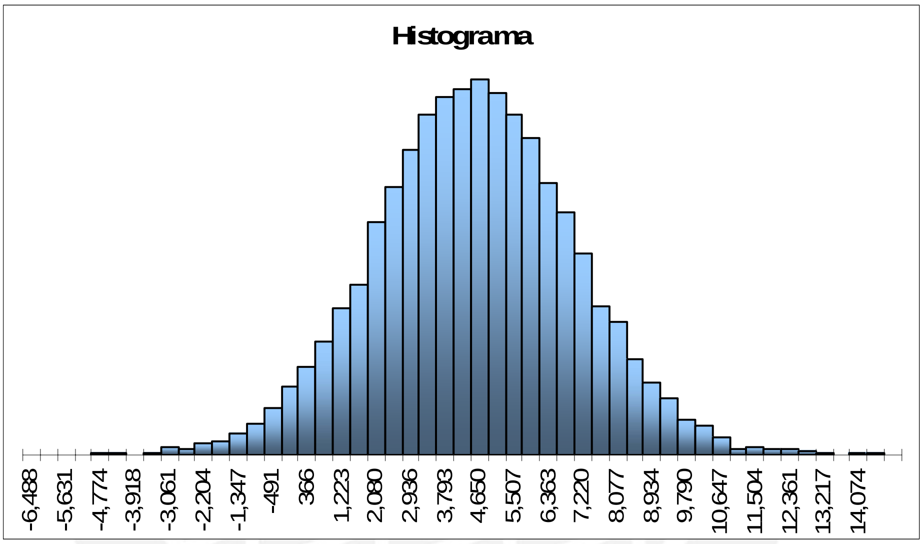


Gráfico 25: Histograma de utilidades del portafolio de acciones

Si se compara el histograma del portafolio de acciones con el de opciones se puede observar que el primer portafolio es prácticamente simétrico (el coeficiente de asimetría es 0.02) y no tiene el sesgo hacia la derecha que tenía el portafolio de opciones (cuyo coeficiente de asimetría era de 0.83). Este sesgo le otorgaba al portafolio de opciones la cualidad que las pérdidas se encontraban relativamente limitadas, mientras que en el portafolio de acciones es igual de probable obtener un resultado muy superior al resultado promedio, que obtener un resultado muy inferior al resultado promedio.

El rango de valores probables de las utilidades del portafolio de acciones abarca S/.[-576, 9 186], con un 95% de confianza, y la utilidad esperada es de S/.4,304. Si se compara con el intervalo del portafolio de opciones, el cual abarcaba S/.[647, 31 950], se puede observar que los valores mínimos de ambos portafolios se encuentran relativamente cercanos, no obstante el valor máximo del portafolio de opciones supera ampliamente al portafolio de acciones.

Otra diferencia a resaltar entre los portafolios es que el rango de utilidades del portafolio de acciones es considerablemente más amplio que el de las opciones. La diferencia entre la utilidad máxima y la mínima del intervalo del portafolio de acciones es S/.9,186 – (–576) = 9,762, y del portafolio de opciones es S/.31,950 – 647 = 31,303. Para evaluar a qué se debe esta disimilitud se elaboró el Anexo Nro. 50, donde se presenta la máxima ganancia y la máxima pérdida por estrategia para cada uno de los portafolios. Estas utilidades unitarias máximas son los extremos de escenario con 95% de probabilidad de ocurrencia. Se puede observar que para ningún nemómico la máxima pérdida unitaria de una estrategia de opciones es mayor (en términos absolutos) a la de una estrategia de acciones. Por lo tanto se puede afirmar que, en términos unitarios, las opciones son menos riesgosas que las acciones.

La razón por la cuál el rango de utilidades del portafolio de opciones es mayor que el de acciones no se encuentra en las utilidades unitarias por estrategia, sino en el número de estrategias en las que hemos invertido por cada nemónico. Debido a que la inversión en opciones es pequeña respecto a las utilidades o pérdidas posibles, para establecer dicho portafolio se prefirió utilizar como criterio igualar el riesgo de pérdida de cada nemónico. Aún así el número de estrategias adquiridas por nemónico es sustancialmente mayor que en el portafolio de acciones. Esto se puede observar en detalle en el Anexo Nro. 51, en donde se aprecia que en 13 de los 15 nemónicos se adquirió un mayor número de estrategias por nemónico en el portafolio de opciones que en el de acciones. Para algunos nemónicos el número de estrategias adquiridas de opciones fue muy superior al de acciones, como CONTINC1 con 28 estrategias de opciones por cada una del portafolio de acciones, o TEF con 18. En promedio se adquirieron 5.3 estrategias en el portafolio de opciones por cada una del portafolio de acciones[43]. El efecto del mayor número de estrategias sobrepasa al efecto del menor riesgo unitario por estrategia del portafolio de opciones respecto al de acciones. Esto explica por qué el rango de utilidades del primer portafolio es mayor al del portafolio de acciones.

---

[43] Si se hubiese elegido el portafolio de opciones con el mismo criterio que el portafolio de acciones el número de estrategias de opciones por cada estrategia de acciones hubiese sido 16.5, en vez de 5.3.

En los párrafos anteriores se ha analizado por qué el portafolio de opciones tiene un mayor rango de valores posibles que el portafolio de acciones. Sin embargo, hay otra diferencia central entre estos portafolios, esta es la mayor utilidad esperada del portafolio de opciones respecto al de acciones. El portafolio de opciones tiene una utilidad esperada de S/.12,848 y el de acciones de S/.4,304. La razón de esta diferencia se encuentra en las distintas sensibilidades de los portafolios a las tasas de crecimiento con las cuales se simulan los precios de las acciones. Esto se aclarará a continuación. Para ambos portafolios se utilizaron las mismas tasas de crecimiento. Si se hubiese utilizado la tasa libre de riesgo como tasa de crecimiento, ambos portafolios hubiesen tenido un rendimiento similar. No obstante, cuando las tasas de crecimiento se alejan de la tasa libre de riesgo, los rendimientos en cada portafolio varían de manera distinta.

Como soporte del punto anterior, utilizaremos una única tasa de crecimiento para todas las acciones de los portafolios, y luego hallaremos la rentabilidad del portafolio. Los resultados de este ejercicio son mostrados en el Anexo Nro. 52. Por ejemplo, cuando todas las acciones tienen una tasa de crecimiento igual a 0%, las rentabilidades de ambos portafolios son cercanas a 0%. Cuando las tasas de crecimiento son 10%, la rentabilidad del portafolio de opciones habrá aumentado hasta 12%, mientras que la rentabilidad del portafolio de acciones habrá aumentado sólo hasta 5%. Así sucesivamente se observa que al incrementar las tasas de crecimiento, la rentabilidad del portafolio de opciones aumentará en mayor medida que la del portafolio de acciones.

Volviendo a los portafolios originales, con las tasas de crecimiento estimadas para cada acción, encontramos que en promedio las tasas de crecimiento son mayores a la tasa libre de riesgo. Recuerde que un incremento de las tasas de crecimiento respecto a la tasa libre de riesgo hará que la rentabilidad del portafolio de opciones aumente en mayor medida que la del portafolio de acciones. Esto explica porqué la utilidad esperada del portafolio de opciones es de S/.12,848 y la del portafolio de acciones es sólo de S/.4,304[44].

---

[44] La cantidad de dinero invertida en ambos portafolio es igual, así que la rentabilidad del portafolio de opciones será mayor a la del portafolio de acciones en la misma proporción.

Otro aspecto resaltante del Anexo Nro. 52, es que mientras la rentabilidad del portafolio de acciones se ve afectada en la misma medida para cualquier tasa de crecimiento (la rentabilidad varía casi linealmente respecto a la tasa de crecimiento), en el portafolio de opciones parece haber una rentabilidad mínima que se ve cada vez menos afectada por disminuciones en la tasa de crecimiento. Este es un aspecto favorable del portafolio de opciones ya que evitará que las pérdidas sean muy elevadas ante una súbita caída en los precios de las acciones.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ESTRATEGIAS EN LA BOLSA DE VALORES DE LIMA

Los portafolios establecidos en el capítulo anterior fueron elaborados con información de la bolsa actualizada hasta el final del segundo trimestre del 2004. En este capítulo se utilizarán las cotizaciones actualizadas hasta el final del tercer trimestre del 2004, las cuales brindarán los resultados a los portafolios.

4.1. ANÁLISIS DE LOS PRECIOS FINALES DE LAS ACCIONES

Una vez que se ha establecido el portafolio la única variable que determinará la rentabilidad de las estrategias será el precio final de las acciones. Por lo tanto, un punto de partida necesario para el análisis de los resultados de las estrategias será comparar los precios de las acciones al final del trimestre en evaluación con los precios que se esperaban obtener.

4.1.1. COMPARACIÓN ENTRE EXPECTATIVA DE RENDIMIENTO Y RENDIMIENTO REAL DE LAS ACCIONES

Cuando se establecieron las estrategias de las opciones, en el capítulo 3.2, se determinaron las expectativas que se tenían de cada acción. No obstante, ya se ha mencionado anteriormente en esta tesis que obtener un buen pronóstico del precio de una acción es una tarea sumamente compleja, por lo que nuestras expectativas de rendimiento pueden haber resultado lejanas a lo que realmente sucedió en el mercado de la BVL.

Para la comparación se utilizarán las expectativas que se determinaron al momento de establecer las estrategias y el rendimiento real. El primero se obtiene conjuntamente del Anexo Nro. 24 y de la Tabla 28 (página 125) y el segundo es el rendimiento logarítmico de la acción, expresado en términos trimestrales. La siguiente tabla permite realizar una comparación entre el rendimiento pronosticado de la acción y el rendimiento que realmente obtuvo[45].

Nemónico	Rendimiento Pronosticado	Precio Inicial	Precio Final	Rendimiento Real	Diferencia
ATACOI1	0%	1.39	1.61	15%	15%
BACKUSI1	0%	1.08	1.01	-6%	-6%
BAP	9%	12.90	14.13	9%	0%
BUENAVC1	-6%	76.00	77.60	2%	9%
CONTINC1	21%	2.44	2.75	12%	-9%
CORAREI1	21%	1.27	1.85	38%	17%
CPACASC1	-6%	1.64	1.73	5%	12%
CVERDEC1	-6%	2.87	4.05	34%	41%
EDEGELC1	21%	1.43	1.63	13%	-8%
GRAMONC1	9%	0.42	0.59	34%	25%
LUSURC1	9%	4.24	4.41	4%	-5%
MILPOC1	-11%	17.50	23.10	28%	39%
MINSURI1	0%	7.82	8.50	8%	8%
TEF	0%	44.34	44.73	1%	1%
VOLCABC1	-6%	0.90	1.02	13%	19%
Promedio	3%			14%	11%

Tabla 29: Comparación por acción entre rendimiento pronosticado y rendimiento real

Se puede observar que el rendimiento real fue mayor al rendimiento pronosticado. Las acciones para las cuales se obtuvieron los peores pronósticos de rendimiento fueron CVERDEC1 (41% de diferencia) y MILPOC1 (39%); en ambos casos los rendimientos reales fueron considerablemente mayores a los pronosticados. El resto de acciones fueron pronosticadas relativamente bien.

En general, el rendimiento logarítmico de las acciones seleccionadas fue considerablemente alto, durante el trimestre las acciones seleccionadas subieron 14%, lo que en términos anuales es un rendimiento de 75%.

Si revisamos el portafolio de acciones y opciones establecido en el capítulo anterior, observamos 8 estrategias alcistas, 5 estrategias que apuestan a la baja y 2 estrategias que no dependen de la dirección que tome el precio de la acción. En este sentido, un muy buen rendimiento de los precios de las acciones nos favorecerá en 8 estrategias, nos perjudicará en 5 estrategias y nos será indiferente en 2 estrategias. Por lo que el efecto

[45] Los rendimiento son logarítmicos y expresados en términos trimestrales.

neto sobre nuestro portafolio de 15 estrategias es favorable en 3 estrategias, y es posible afirmar que el portafolio se ve ligeramente favorecido por el buen desempeño de las acciones.

4.1.2. COMPARACIÓN ENTRE PRECIO FINAL DE LAS ACCIONES Y PRECIOS SIMULADOS

En la sección anterior se comparó el rendimiento pronosticado con el rendimiento real de las acciones, y se determinó que el mercado había tenido un comportamiento más alcista al esperado.

En esta sección se hará una comparación entre los precios simulados y los precios finales reales de las acciones. Esta comparación permitirá revisar si el modelo de comportamiento de precios y las condiciones utilizadas en dicho modelo lograron capturar el comportamiento real del mercado.

Dado que para cada acción se simuló un gran número de precios finales, la comparación deberá ser realizada con el escenario con 95% de probabilidad de ocurrencia. En vista de que la distribución de probabilidad de los precios de acciones simulados no son normales sino lognormales, no se podrá utilizar la fórmula de límites de confianza de una distribución normal. En vez de dicha fórmula se calcularán los límites de confianza seleccionando los precios que pertenezcan al límite de áreas del 2.5% inferior y del 2.5% superior en el histograma de los precios finales simulados.

En la siguiente tabla se observa la comparación entre los precios reales y los precios simulados.

Nemónico	Precios Reales	Límite Inferior	Límite Superior	Pertenece a Intervalo
ATACOI1	1.61	0.89	2.07	SI
BACKUSI1	1.01	0.81	1.40	SI
BAP	14.13	11.68	16.73	SI
BUENAVC1	77.6	45.34	107.30	SI
CONTINC1	2.75	2.32	3.03	SI
CORAREI1	1.85	0.92	2.36	SI
CPACASC1	1.73	1.44	1.63	NO
CVERDEC1	4.05	1.41	4.71	SI
EDEGELC1	1.63	1.51	1.96	SI
GRAMONC1	0.59	0.29	0.69	SI
LUSURC1	4.41	4.23	5.02	SI
MILPOC1	23.1	10.14	22.78	NO
MINSURI1	8.5	5.82	10.40	SI
TEF	44.73	36.12	53.68	SI
VOLCABC1	1.02	0.58	1.19	SI
TOTAL EN INTERVALO				13

Tabla 30: Comparación por acción entre precios reales y precios simulados

El precio real final de 13 de las 15 acciones cae dentro el rango de valores probables según la simulación. Por lo tanto, para la mayoría de acciones el modelo Movimiento Browniano Geométrico con la tasa de crecimiento y la volatilidad seleccionadas, es adecuado.

4.2. ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD REAL

La volatilidad es una variable que tiene un papel crítico en la valuación de opciones: si se considera una volatilidad mayor a la real se pagará en exceso por las opciones compradas, de lo contrario se pagará un monto menor al valor justo de la opción.

En esta sección se comparará el pronóstico de volatilidad realizado en la sección 2.3 con la volatilidad real durante el tercer trimestre. Recuerde que el pronóstico de volatilidad fue realizado con el método EWMA con 2 años de data histórica, la cual abarca hasta el final del segundo trimestre.

NEMÓNICO	VOLATILIDAD 3ER TRIMESTRE	PRONÓSTICO DE VOLATILIDAD 3ER TRIMESTRE	ERROR PORCENTUAL
ATACOI1	29.84%	43.47%	31.35%
BACKUSI1	20.44%	28.26%	27.66%
BAP	11.67%	18.62%	37.31%
BUENAVC1	29.35%	43.97%	33.25%
CONTINC1	12.82%	13.68%	6.30%
CORAREI1	33.40%	47.93%	30.32%
CPACASC1	8.75%	6.53%	-34.01%
CVERDEC1	31.26%	61.87%	49.47%
EDEGELC1	12.44%	13.18%	5.66%
GRAMONC1	34.67%	44.38%	21.90%
LUSURC1	5.03%	8.72%	42.25%
MILPOC1	27.57%	41.05%	32.84%
MINSURI1	15.16%	29.73%	48.99%
TEF	15.94%	20.48%	22.16%
VOLCABC1	40.96%	37.26%	-9.91%

Tabla 31: Comparación por acción entre volatilidad pronosticada y volatilidad real

En la segunda columna de la siguiente tabla se presenta la volatilidad que tuvieron las acciones del portafolio en el tercer trimestre, según las cotizaciones en la BVL. En la tercera columna se muestra el pronóstico de la volatilidad. Finalmente, en la cuarta columna se ha calculado el error porcentual[46] entre el pronóstico y la volatilidad real.

Algunas de las volatilidades tuvieron un pronóstico muy preciso; como es el caso de las acciones de EDEGELC1, CONTINC1 y VOLCABC1; y en otras como CVERDEC1 y MINSURI1 el error porcentual es tan elevado como 50%.

Un aspecto que llama la atención es que en 13 de las 15 acciones la volatilidad pronosticada fue mayor que la real. Esto levanta sospechas de que la volatilidad de las acciones del portafolio se redujo en el tercer trimestre. Para comprobarlo se calculó el promedio de las volatilidades de las acciones del portafolio en el segundo y en el tercer trimestre, estos datos se muestran en el Anexo Nro. 53. En el segundo trimestre la volatilidad promedio fue de 34.00%, mientras que en el tercer trimestre la volatilidad se redujo a 21.95%. Por lo que se corroboraron las sospechas que los pronósticos de

[46] El error porcentual ha sido calculado mediante la siguiente fórmula

$$\frac{(Volatilidad\,\mathrm{Re}\,al - VolatilidadEstimada)}{VolatilidadEstimada}$$

volatilidad habían sido demasiado altos debido a que la volatilidad disminuyó drásticamente del segundo al tercer trimestre.

El anexo en mención muestra la eficiencia de los pronósticos en anticipar la disminución de la volatilidad para el siguiente período. Para 12 acciones se pronosticó acertadamente que la volatilidad del tercer trimestre sería más baja que la del segundo trimestre, para una acción se pronosticó acertadamente que la volatilidad se incrementaría, y sólo se erró en dos acciones.

Si antes de establecer las posiciones con las opciones, se hubiesen conocido los valores que tendrían durante el tercer trimestre todas las variables que participan en la valuación, se hubiese pagado el precio justo por las opciones. No obstante, antes de que empiece la vida de una opción sólo es posible hacer predicciones de cuál será el valor de las variables que afectan su precio.

En el caso de la variable volatilidad, que es una variable crítica en la valuación de opciones, la predicción que se realizó arrojó resultados de volatilidad mayores que los que tendrían a lo largo del tercer trimestre. Debido a que entre mayor sea la volatilidad mayor será el precio de la opción, se pagó un precio mayor por las opciones del que realmente valían.

Como se observa en el Anexo Nro. 54, el dinero total gastado en comprar las opciones fue de S/.12,287, si se hubiesen valuado las opciones con la volatilidad que realmente tuvieron en el tercer trimestre (y no con la volatilidad pronosticada para dicho trimestre) se hubiese gastado S/.9,603, es decir 22% menos. Por otro lado, al escribir opciones se recibió más dinero del que se hubiese recibido al considerar la volatilidad real durante el tercer trimestre. El dinero recibido por escribir las opciones fue S/.4,623 y el dinero que se hubiese recibido considerando la volatilidad real sería S/.2,946, 36% menos.

No obstante, el dinero en exceso que se gastó al comprar las opciones a un mayor precio se contrapone con el dinero en exceso que recibió al escribir las opciones a un mayor precio. En este sentido, el dinero neto gastado en las opciones fue S/.12,287 - S/.4,623 = S/.7,664 (se gastó además S/.35,476 en la compra de acciones), y el dinero neto que se debió gastar al considerar la volatilidad real debió ser S/.9,603 - S/.2,946 = S/.6,657. Por lo que el pago en exceso sólo fue de S/.7,664 - S/.6,657 = S/.1,007. Este pago en exceso puede parecer pequeño si se compara con el desembolso total del portafolio de S/.43,140, no obstante, al compararlo con la utilidad esperada de S/.12,848 cobra mayor importancia.

4.3. UTILIDADES DEL PORTAFOLIO

Hasta el momento se han analizado los precios finales de las acciones y las volatilidades. Al analizar los precios se encontró que el rendimiento de las acciones fue mayor al pronosticado, debido a que hay más estrategias alcistas que estrategias que apuestan a la baja, el portafolio se verá ligeramente favorecido por el buen desempeño de las acciones. Mientras que al examinar las volatilidades se determinó que la volatilidad real fue mayor a la pronosticada, si se hubiese pagado el precio de las opciones valuado con la volatilidad real se hubiese ahorrado S/.1,007.

Las utilidades del portafolio son las siguientes:

Nemonico	Estrategia	Precio Actual	Precio Final de Acción	Utilidad Unitaria	Utilidad Unitaria (S/.)	Número de Posiciones	Utilidad Total
GRAMONC1	Compra acción	S/. 0.42	S/. 0.59	S/. 0.17	S/. 0.17	6,700	S/. 1,139
CPACASC1	Venta en corto	S/. 1.64	S/. 1.73	S/. (0.09)	S/. (0.09)	7,700	S/. (693)
CONTINC1	Compra call	S/. 2.44	S/. 2.75	S/. 0.13	S/. 0.13	50,000	S/. 6,500
CVERDEC1	Escribir call	$ 2.87	$ 4.05	$ (0.19)	S/. (0.63)	200	S/. (127)
MILPOC1	Compra put	S/. 17.50	S/. 23.10	S/. (0.62)	S/. (0.62)	1,600	S/. (992)
BAP	Escribir put	$ 12.90	$ 14.13	$ 0.51	S/. 1.70	200	S/. 341
LUSURC1	Covered Call	S/. 4.24	S/. 4.41	S/. 0.18	S/. 0.18	3,100	S/. 558
CORAREI1	Protective Put	S/. 1.27	S/. 1.85	S/. 0.56	S/. 0.56	3,400	S/. 1,904
BACKUSI1	Call Bull Spread	S/. 1.08	S/. 1.01	S/. (0.08)	S/. (0.08)	11,100	S/. (888)
VOLCABC1	Put Bear Spread	S/. 0.90	S/. 1.02	S/. (0.05)	S/. (0.05)	20,000	S/. (1,000)
BUENAVC1	Collar	S/. 76.00	S/. 77.60	S/. 1.56	S/. 1.56	200	S/. 312
TEF	Butterfly	$ 44.34	$ 44.73	$ 0.12	S/. 0.40	500	S/. 201
ATACOI1	Starddle	S/. 1.39	S/. 1.61	S/. (0.03)	S/. (0.03)	4,200	S/. (126)
EDEGELC1	Strap	S/. 1.43	S/. 1.63	S/. 0.26	S/. 0.26	10,000	S/. 2,600
MINSURI1	Strip	S/. 7.82	S/. 8.50	S/. (0.24)	S/. (0.24)	800	S/. (192)
Total							S/. 9,536

Tabla 32: Utilidades del portafolio de opciones

La utilidad final del portafolio fue de S/.9,536. Esta utilidad se debió principalmente al aporte de la estrategia de comprar una *call* de la acción CONTINC1. Cuando se estableció esta estrategia se decidió elegir un precio de ejercicio alto, lo que se tradujo en un bajo valor de la *call*. En la estrategia de compra de una *call* el único desembolso que se realiza es el pago del precio de la *call*, así que un precio bajo hace que el riesgo de pérdida sea pequeño. Dado que el número de estrategias a adquirir está definido por el riesgo, se adquirió un elevado número de opciones de CONTINC1. Esto permitió que sólo en esta opción se generen S/.6,500 de utilidad.

Cuando se realizó la simulación del portafolio de acciones y opciones, en la sección 3.3 de esta tesis, se determinó que con 95% de confianza la utilidad estará entre S/.[647, 31 950]. La utilidad esperada según la simulación era de S/.12,848. El valor de la utilidad real cae dentro del rango de valores probables brindados por el intervalo de confianza y muy cerca de la utilidad esperada, como se observa en el histograma de la simulación de utilidades elaborado en la sección 3.3.

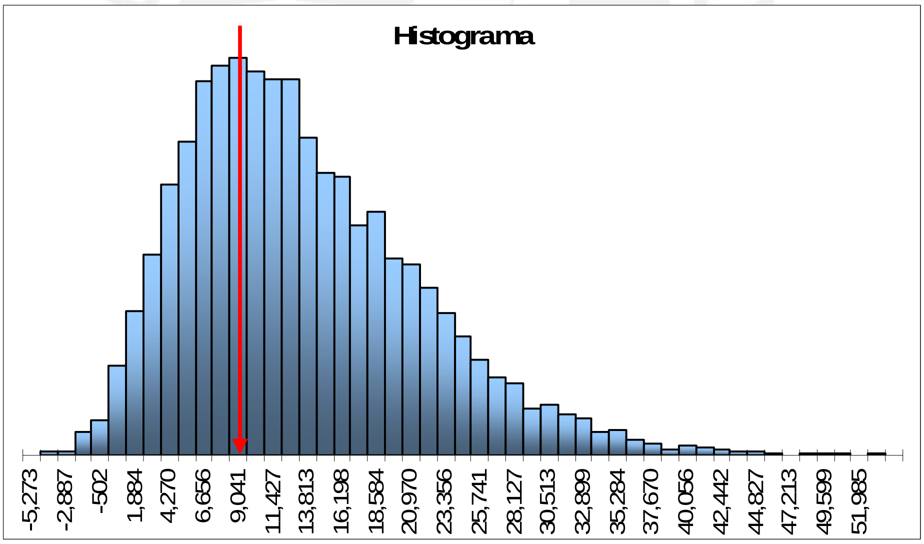


Gráfico 26: Valor de la utilidad real respecto a la simulación de utilidades del portafolio de opciones

Un aspecto atractivo de la negociación de opciones es que permiten limitar la máxima pérdida, como un tipo de seguro. A diferencia de esto, el comprar una acción podría llevar a que se pierda la totalidad del valor de la acción. Resulta interesante revisar en cuántas de las opciones del portafolio los precios del mercado hicieron que se utilice este seguro, para lo cual se elaboró el Anexo Nro. 55. En dicho anexo se define la máxima ganancia y la máxima pérdida de cada estrategia, y se expresa si con los resultados del portafolio se llegó a alguno de los valores máximos. Se puede observar que de las 15 estrategias diferentes, 10 podrían limitar la pérdida o ganancia en el caso que el precio de la acción lo requiera, lo cual es distribuido de la siguiente manera: 4 estrategias pueden limitar la máxima pérdida, 3 pueden limitar la máxima ganancia, y 3 pueden limitar la máxima pérdida y ganancia. Con los resultados obtenidos se limitó la pérdida en dos estrategias: en MILPOC1 y VOLCABC1. En el primer caso si se hubiese vendido en corto la acción en vez de comprar una *put* la pérdida hubiese sido de $(S_0 - S_T)\times\# \, Posiciones = (17.50 - 23.10)\times 1600 = -8{,}960$ en vez de los 922 soles que se perdieron. En el caso de VOLCABC1 la pérdida al vender en corto hubiese sido de $(S_0 - S_T)\times\# \, Posiciones = (0.9 - 1.02)\times 20{,}000 = -2{,}400$ soles, en vez de los $1{,}000$ que se perdieron. Como se observa, en estos dos casos el seguro que ofrecía la opción fue de gran ayuda. No obstante, en una estrategia del portafolio se limitó la ganancia en vez de la pérdida, este es el caso de la acción BAP, en la que se escribió una opción *put* ya que se esperaba que el precio de la acción se incremente. El precio final en el mercado coincidió con lo que se esperaba y se incrementó, gracias a esto se obtuvo una utilidad de S/.341. Sin embargo, si se hubiese comprado la acción en vez de escribir la *put*, se hubiese logrado una utilidad de $(S_T - S_0)\times T.C.\times\# \, Posiciones = (14.13 - 12.9)\times 3.342\times 200 = 822$. Al calcular el efecto neto en estas tres opciones de lo que se ahorró al limitar las pérdidas y lo que se dejó de ganar al limitar las ganancias se obtiene $(8{,}960 - 922) + (2{,}400 - 1000) + (341 - 822) = 8{,}957$. Para estos tres nemónicos el limitar las pérdidas y ganancias negociando opciones en vez de acciones logró que se tenga S/.8,957 más de lo que se hubiese obtenido negociando el mismo número de acciones.

4.4. COMPARACIÓN CON PORTAFOLIO EQUIVALENTE DE ACCIONES

En el capítulo 3 de esta tesis se elaboró y simuló un portafolio de acciones que consistía de los mismos nemónicos y la misma inversión del portafolio de opciones. Luego se compararon los resultados de la simulación del portafolio de acciones con aquellos del portafolio de opciones, encontrándose que la utilidad esperada del portafolio de opciones era mayor.

Resultará interesante comparar el resultado del portafolio de acciones según las cotizaciones reales de la BVL con la simulación del capítulo 3, y más aún la utilidad del portafolio de acciones con la del portafolio equivalente de opciones.

Recuerde que el portafolio de acciones fue establecido bajo el principio de utilizar los mismos nemónicos y la misma inversión total, siendo la inversión igual para todas las acciones del portafolio. Para los nemónicos que tenían una estrategia que apostaba a la baja en el portafolio de opciones, se vendería en corto en el portafolio de acciones; y para las estrategias del portafolio de opciones que eran alcistas o neutras, se compraría la acción en este segundo portafolio.

Nemonico	Estrategia	Utilidad Unitaria (S/.)	Número de Acciones	Utilidad Total
GRAMONC1	Compra acción	S/. 0.17	6,848	S/. 1,164
CPACASC1	Venta en corto	S/. (0.09)	1,754	S/. (158)
CONTINC1	Compra acción	S/. 0.31	1,179	S/. 365
CVERDEC1	Venta en corto	S/. (3.94)	300	S/. (1,183)
MILPOC1	Venta en corto	S/. (5.60)	164	S/. (918)
BAP	Compra acción	S/. 4.11	67	S/. 275
LUSURC1	Compra acción	S/. 0.17	678	S/. 115
CORAREI1	Compra acción	S/. 0.58	2,265	S/. 1,314
BACKUSI1	Compra acción	S/. (0.07)	2,672	S/. (177)
VOLCABC1	Venta en corto	S/. (0.12)	3,196	S/. (384)
BUENAVC1	Compra acción	S/. 1.60	38	S/. 61
TEF	Compra acción	S/. 1.30	19	S/. 25
ATACOI1	Compra acción	S/. 0.22	2,069	S/. 455
EDEGELC1	Compra acción	S/. 0.20	2,009	S/. 399
MINSURI1	Venta en corto	S/. (0.68)	368	S/. (252)
Total				S/. 1,101

Tabla 33: Utilidades del portafolio de acciones

En la tabla se observan los resultados del portafolio de acciones. Detalles de la elaboración de dicho portafolio se presentan en el Anexo Nro. 56. La utilidad total del portafolio de acciones según las cotizaciones reales de la BVL sería de S/.1,101. En la simulación realizada se halló que con 95% de confianza la utilidad estaría entre S/.[-576, 9 186]. También se encontró que la utilidad esperada del portafolio era de S/.4,304. Al comparar el resultado con la simulación se encuentra que la utilidad real cae dentro del rango de valores probables, pero la utilidad es menor a la utilidad esperada. Esto se puede observar gráficamente a continuación.

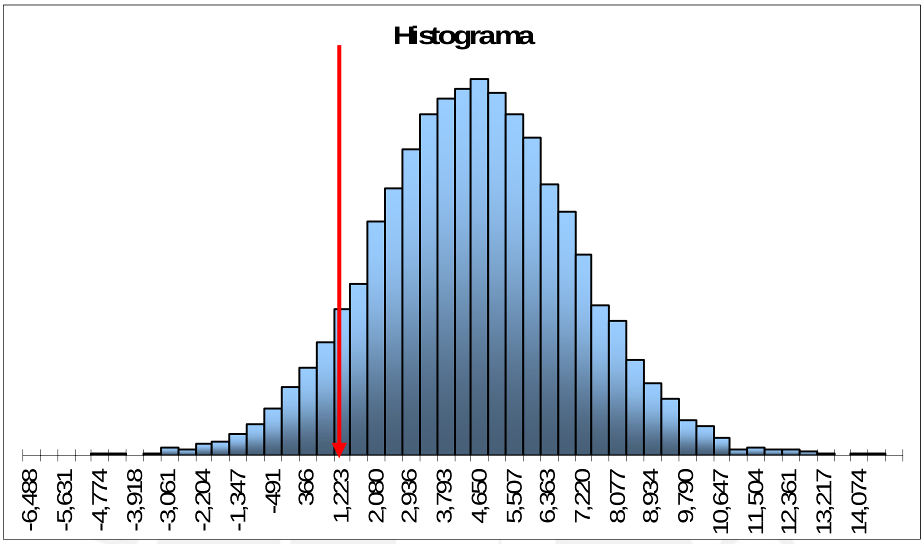


Gráfico 27: Valor de la utilidad real respecto a la simulación de utilidades del portafolio de acciones

Al comparar la utilidad del portafolio de acciones de S/.1,101 con la utilidad de S/.9,536 del portafolio de opciones, resalta que la del primero es sustancialmente menor a la utilidad del portafolio de opciones. El Anexo Nro. 57 nos permitirá comparar las utilidades del portafolio de opciones y del portafolio de acciones. El exceso de utilidades del primer portafolio respecto al portafolio de acciones es de S/.8,435 y se debe en gran medida a tres estrategias. La más gravitante es la compra de la *call* de CONTINC1, en la cual la máxima pérdida posible era muy pequeña, lo que permitió adquirir un gran número de opciones. A pesar de que la utilidad unitaria de comprar la acción era mayor a la de comprar la *call*, el cuantioso número de *calls* compradas permitió obtener una utilidad bastante mayor que la estrategia de simple compra de acción. La segunda estrategia que brindó importantes utilidades fue el *strip* de EDEGELC1, en donde el esquema es similar al explicado para la compra de la *call*, es decir, un bajo riesgo permitió adquirir un gran número de opciones. Y la tercera estrategia de opciones que superó ampliamente a la compra/venta de acciones fue la de escribir una *call* de CVERDEC1. En este caso se estableció la estrategia esperando que el precio baje, pero el desempeño que tuvo el precio en la realidad fue el contrario, éste subió extraordinariamente. En una situación como ésta cobra importancia una de las cualidades de ciertas estrategias de opciones, la cuál te permite limitar la máxima pérdida posible; si se hubiese vendido en corto la opción la pérdida sería de S/.3.94 por cada acción, en cambio al escribir una opción *call* se truncó la máxima pérdida a S/.0.63 por opción.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las opciones han sido valuadas mediante el modelo Black-Shcoles. Este modelo tiene un importante número de supuestos que debe cumplir, si el mundo real cumpliese todos los supuestos, el modelo sería una herramienta perfecta para valuar las opciones. Sin embargo, en el mundo real son muchos los supuestos que se violan. Al violarse más supuestos, el valor obtenido mediante el modelo Black-Scholes se alejará más del monto que realmente debiese valer esa opción.
- Un supuesto del modelo Black-Scholes es que el precio de la acción varía según un Movimiento Browniano Geométrico. Una de las implicancias de este supuesto es que los rendimientos logarítmicos del precio de la acción siguen una distribución normal. Rigurosamente, 14 de las 15 acciones del portafolio no siguen una distribución normal. No obstante, las distribuciones de los rendimientos se asemejan a la curva normal, lo que permite la utilización del Movimiento Browniano Geométrico para modelar los precios de las acciones de la BVL.
- Estrictamente no se cumple el modelo de tasa libre de riesgo constante durante la vida de una opción. Sin embargo, es conocido que el modelo es poco sensible a las variaciones en la tasa libre de riesgo.
- El modelo Black-Scholes establece como supuesto que la volatilidad de los rendimientos no cambia durante la vida de la opción. Sin embargo, en 8 de las 15 acciones del portafolio se violó dicho supuesto. Para estas 8 acciones se logró afirmar con 95% de confianza que la varianza de los rendimientos no fue constante durante 3 meses. Cabe resaltar que si se hubiesen considerado opciones con un tiempo de vida mayor serían más las veces que se hubiese violado el supuesto de volatilidad constante.
- Se estimó la volatilidad de las acciones del portafolio para el segundo trimestre del 2004. La estimación fue realizada utilizando la fórmula de desviación estándar, el modelo EWMA y el modelo GARCH, para estos dos últimos modelos se realizaron diversos cálculos con diferentes períodos de data histórica. Al compararlo con las cotizaciones reales de la BVL durante dicho período se obtuvo que el modelo EWMA con 2 años de data histórica es el modelo con el que el pronóstico tiene menor error.

- El modelo EWMA con 2 años de datos históricos logró pronosticar correctamente para 12 acciones de las acciones del portafolio que sus volatilidades del tercer trimestre serían más bajas que las del segundo trimestre, para una acción se pronosticó acertadamente que la volatilidad incrementaría, y sólo se erró en dos acciones.
- El portafolio de opciones consiste en 15 estrategias elaboradas en base a las 15 acciones de la BVL con mayor frecuencia de negociación. El número de posiciones que se adquirió de cada estrategia del portafolio de opciones fue determinado por el criterio que la máxima pérdida de cualquier estrategia sea menor o igual a S/.1,000. El rendimiento del portafolio fue evaluado en base a las cotizaciones de las acciones en la BVL durante el tercer trimestre del año 2004. Como punto de comparación, se elaboró un portafolio equivalente de acciones, con las mismas condiciones que el portafolio de opciones excepto que el número de posiciones por estrategia fue determinado dividiendo la inversión total en partes iguales para cada estrategia.
- Las diferentes estrategias de opciones permiten tener diferentes riesgos. Los modelos de valuación de opciones encuentran precios justos para el precio de la opción. Esto quiere decir que si la acción tiene un rendimiento esperado igual a la tasa libre de riesgo, la rentabilidad esperada de la estrategia será la tasa libre de riesgo, independientemente de cuál estrategia se elija.
- En el portafolio de opciones se utilizaron acciones para complementar algunas estrategias. A pesar de que el número de acciones negociadas era pequeño en comparación al número de opciones, el 78% del dinero desembolsado para establecer el portafolio de opciones fue dedicado a la compra de las acciones. La razón se encuentra en que el precio de una acción para una empresa cualquiera es considerablemente mayor al precio de una opción para dicha empresa.
- La utilidad real del portafolio de opciones, igual a S/.9,536, fue muy superior a la utilidad de S/.1,101 obtenida con el portafolio de acciones. Una explicación de esto es que las tasas de crecimiento reales de las acciones del portafolio fueron mayores a las pronosticadas, y por lo ya analizado en esta tesis, al aumentar las tasas de crecimiento la rentabilidad se incrementará más en el portafolio de opciones que en el de acciones.

- Según la simulación realizada, la utilidad esperada del portafolio de opciones sería de S/.12,848, y los valores probables de la utilidad dentro de un escenario de 95% de confianza estarían entre S/.[647, 31 950]. Reemplazando los valores de las cotizaciones reales de la BVL, la utilidad del portafolio de opciones durante el tercer trimestre fue de S/.9,536, el cual cae dentro del rango de valores probables brindados por el intervalo de confianza y muy cerca de la utilidad esperada.
- En el portafolio de acciones la utilidad esperada era de S/.4,304, con un rango de valores probables que comprendían S/.[-576, 9 186] con 95% de confianza. La utilidad tomando las cotizaciones reales fue de S/.1,101, valor que cae dentro del rango de valores probables.
- El rango de valores probables de las utilidades del portafolio de opciones es considerablemente más amplio que el de las acciones. Una posición individual del portafolio de acciones es más riesgosa que una posición del portafolio de opciones, no obstante el portafolio de opciones tiene un número bastante mayor de posiciones por estrategia que el de acciones. A esto se debe que el rango de utilidades del portafolio de opciones sea mayor al del portafolio de acciones.
- Para tasas de crecimiento cercanas a la tasa libre de riesgo, el portafolio de acciones y el de opciones tienen rentabilidades esperadas similares. Al incrementar las tasas de crecimiento de las acciones, la rentabilidad del portafolio de opciones aumenta en mayor medida que la rentabilidad del portafolio de acciones. Si las tasas de crecimiento de las acciones del portafolio fuesen ligeramente menores a cero, el rendimiento del portafolio de acciones sería superior al del portafolio de opciones. No obstante, si las tasas fuesen bastante menores que cero, por ejemplo -30% en términos anuales, la rentabilidad del portafolio de opciones nuevamente sería superior.
- En el período analizado el rendimiento de las acciones fue mayor al esperado. Un muy buen rendimiento de las acciones favorecerá a las estrategias alcistas y perjudicará a las estrategias que apuesten a la baja. El efecto neto sobre el portafolio de 15 estrategias de opciones es favorable en 3 estrategias, y es posible afirmar que el portafolio se ve ligeramente favorecido por el buen desempeño de las acciones.
- Una disminución imprevista en la volatilidad de las acciones perjudicará al inversionista que compró la opción y beneficiará al que la escribió. Se puede

afirmar lo contrario en caso que la volatilidad suba. En el portafolio de opciones analizado, la predicción de volatilidad que se realizó arrojó resultados de volatilidad mayores a los que realmente tendrían las acciones a lo largo del tercer trimestre, esto ocasionó que las acciones sean valuadas a un mayor monto que el precio justo. El efecto neto en el portafolio de opciones fue desfavorable en S/.1,007.

- Algunas estrategias de opciones permiten limitar la máxima pérdida, como un tipo de seguro. De las 15 estrategias del portafolio, 4 estrategias pueden limitar la máxima pérdida, 3 pueden limitar la máxima ganancia, y 3 pueden limitar la máxima pérdida y ganancia. Con los resultados reales se limitó la pérdida en dos estrategias, y en una estrategia la ganancia fue truncada. Si en estas 3 opciones donde se limitó la pérdida o la ganancia se hubiese negociado el mismo número de posiciones en acciones en vez de opciones, se hubiese tenido una utilidad de S/.8,957 menor a la que se tuvo negociando opciones.
- A pesar de que puede haber un alto riesgo al negociar opciones, un portafolio de opciones bien administrado puede lograr rendimientos superiores a los de un portafolio de acciones basado en los mismos nemónicos que los del primer portafolio. Dicho portafolio de opciones también brindará mayor protección ante una fuerte caída de las acciones involucradas.

BIBLIOGRAFÍA

Bolsa de Valores de Lima (s.f). Consultado Marzo 13, 2004 en http://www.bvl.com.pe.

BRZEZNIAK, Zdzislaw. *Basic Stochastics Processes: a course through exercises*, Springer-Verlag. 1999.

CHANCE, Don M. *An introduction to derivates and risk management*, 5ta edición, Harcourt College Publishers. 2001.

CHÁVEZ BEDOYA, Luis Carlos. *Modelos para la Selección de un Portafolio de Acciones: su uso práctico y desempeño en la Bolsa de Valores de Lima*. Tésis (Ingeniero Industrial). Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Especialidad Ingeniería Industrial, 2003

EDWARDS, Robert D., MAGEE, John y BASSETTI, W.H.C. *Technical Analysis of Stock Trends.* 8va edición, St. Lucie Press. 2001.

"School Brief: Future Perfect" *The Economist,* vol.353, n.8147, (1999) 81-82.

GLASSERMAN, Paul. *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*, Springer-Verlag. 2004

HILLIER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. 6ta edición, McGraw-Hill. 1997.

HULL, John C. *Options, futures, and other derivatives*, 5ta edición, Prentice Hall. 2003.

KOLB, Robert W. *Future, Options & Swaps*, 3ra edición, Blackwell Publishers. 2000.

LAMOTHER, Prosper. *Opciones Financieras, Un Enfoque Fundamental,* McGraw-Hill/Interamericana de España. 1993.

LUENBERGER, David G. *Investment Science*, Oxford University Press. 1998.

LYUU, Yuh-Dauh. *Financial Engineering and Computation Principles, Mathematics, Algorithms*, Cambridge University Press. 2002.

MALKIEL, Burton G. *A Random Walk Down Wall Street: The Time-Tested Strategy for Successful Investing*, 8va edición, W.H. Norton & Company Inc. 2003.

MENDENHALL, William y SINCICH, Terry. *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*, 4ta edición, Prentice Hall. 1997.

Ministerio de Economía y Finanzas (s.f.) Consultado Agosto 21, 2004 en http://www.mef.gob.pe.

MUÑOZ, Carlos. *Cómo elaborar y asesorar una Investigación de Tesis*, Prentice Hall. 1998.

NATENBERG, Sheldon. *Option Volatility and Pricing*, 1ra edición revisada, McGraw-Hill. 1994.

RAZGAITIS, Richard. Dealmaking *Using Real Options and Monte Carlo Analysis*, John Wiley & Sons. 2003.

ROSS, Sheldon M. *Simulación*, 2da edición, Prentice Hall. 1999.

Superintendencia de Banca y Seguros (s.f.) Consultado Agosto 21, 2004 en http://www.sbs.gob.pe.

"The Nobel prize for economics: The right option" *The Economist,* vol.345, n.8039 (1997) 75-76.

Yahoo! Finance (s.f.) Consultado Julio 7, 2004 en http://finance.yahoo.com/.

ANEXOS

ANEXO 1

Cartera vigente* del Índice General, IGBVL

	Nombre de Valor	Nemónico	Pesos (%)
1	Volcan "B"	VOLCABC1	12.2621
2	Cerro Verde	CVERDEC1	7.84
3	Minsur Inv.	MINSURI1	7.0929
4	Atacocha Inv.	ATACOI1	7.0358
5	Milpo	MILPOC1	5.2005
6	Backus Inv.	BACKUSI1	5.1635
7	Corp Aceros Areq Inv.	CORAREI1	4.1502
8	ADR Telefónica S.A.	TEF	4.0678
9	Buenaventura	BUENAVC1	4.0162
10	Credicorp	BAP	3.3205
11	Southern Com	PCU	3.2609
12	Graña y Montero	GRAMONC1	3.1618
13	Minera Corona Inv.	MINCORI1	2.5807
14	Alicorp	ALICORC1	2.5659
15	El Brocal	BROCALC1	2.528
16	Luz del Sur	LUSURC1	2.3616
17	Morococha Inv.	MOROCOI1	2.1748
18	Austral Group	AUSTRAC1	2.1644
19	EDEGEL	EDEGELC1	2.0803
20	Ferreyros	FERREYC1	1.8102
21	Corp. Aceros Areq	CORAREC1	1.8025
22	Telefónica "B"	TELEFBC1	1.7862
23	Cementos Pacasmayo	CPACASC1	1.5669
24	ADR Buenaventura	BVN	1.5342
25	El Brocal Inv.	BROCALI1	1.4542
26	Banco Continental	CONTINC1	1.4351
27	Cementos Lima Inv.	CEMLIMI1	1.2863
28	Embot Latinoam Inv	ELSAI1	1.1226
29	Casagrande	CASAGRC1	1.1122
30	Gloria Inv.	GLORIAI1	1.0446
31	Rimac Internacional	RIMINTC1	1.0172

* Vigente a partir del 5 de mayo del 2005
Fuente: Bolsa de Valore de Lima

ANEXO 2

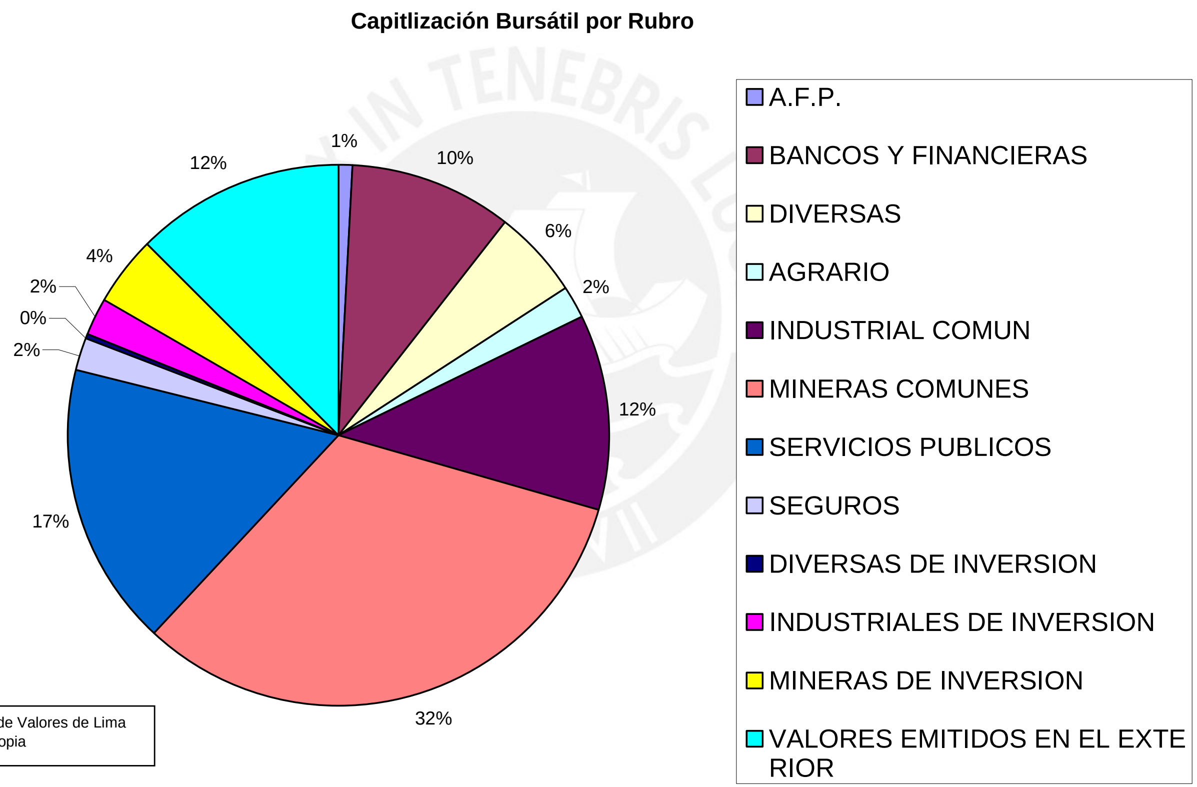
Cartera vigente* del Índice Selectivo, ISBVL

	Nombre de Valor	Nemónico	Pesos (%)
1	Volcan "B"	VOLCABC1	16.5153
2	Cerro Verde	CVERDEC1	10.5594
3	Minsur Inv.	MINSURI1	9.5532
4	Atacocha Inv.	ATACOI1	9.4762
5	Milpo	MILPOC1	7.0043
6	Backus Inv.	BACKUSI1	6.9545
7	Corp Aceros Areq inv.	CORAREI1	5.5898
8	ADR Telefónica S.A.	TEF	5.4788
9	Buenaventura	BUENAVC1	5.4093
10	Credicorp	BAP	4.4722
11	Southern Com	PCU	4.3919
12	Graña y Montero	GRAMONC1	4.2585
13	Min Corona Inv.	MINCORI1	3.4759
14	Alicorp	ALICORC1	3.4559
15	El Brocal	BROCALC1	3.4048

* Vigente a partir del 5 de mayo del 2005
Fuente: Bolsa de Valores de Lima

ANEXO 3

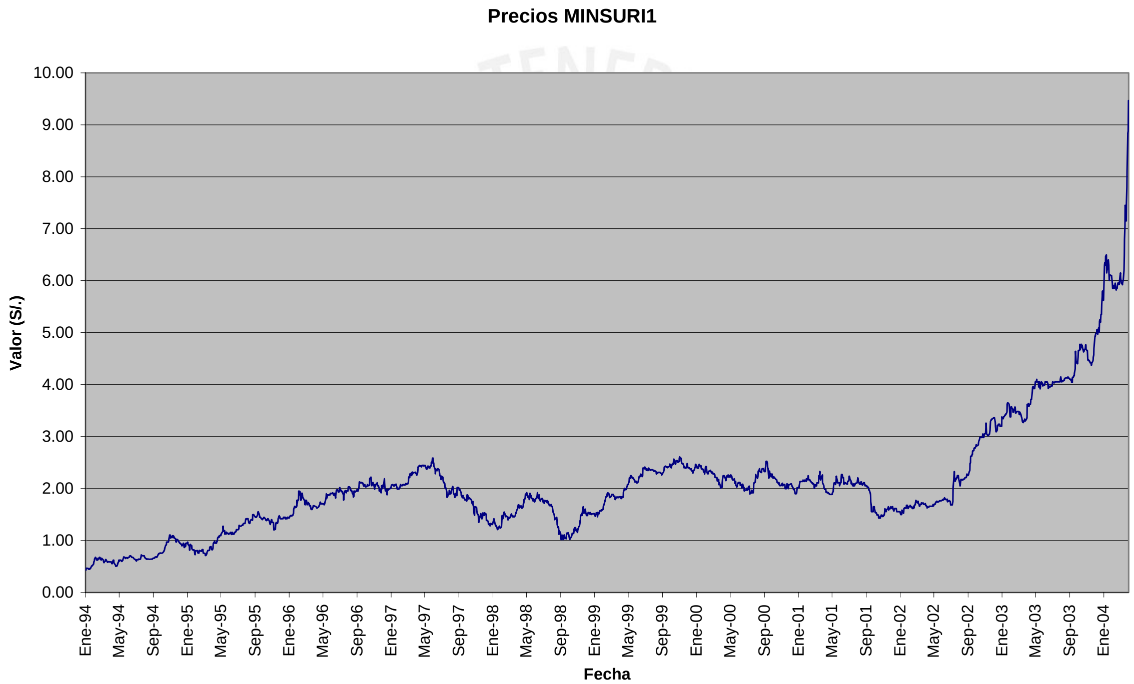
Capitalización bursátil por rubro de la BVL al 30 de diciembre del 2003



Fuente: Bolsa de Valores de Lima
Elaboración Propia

ANEXO 4

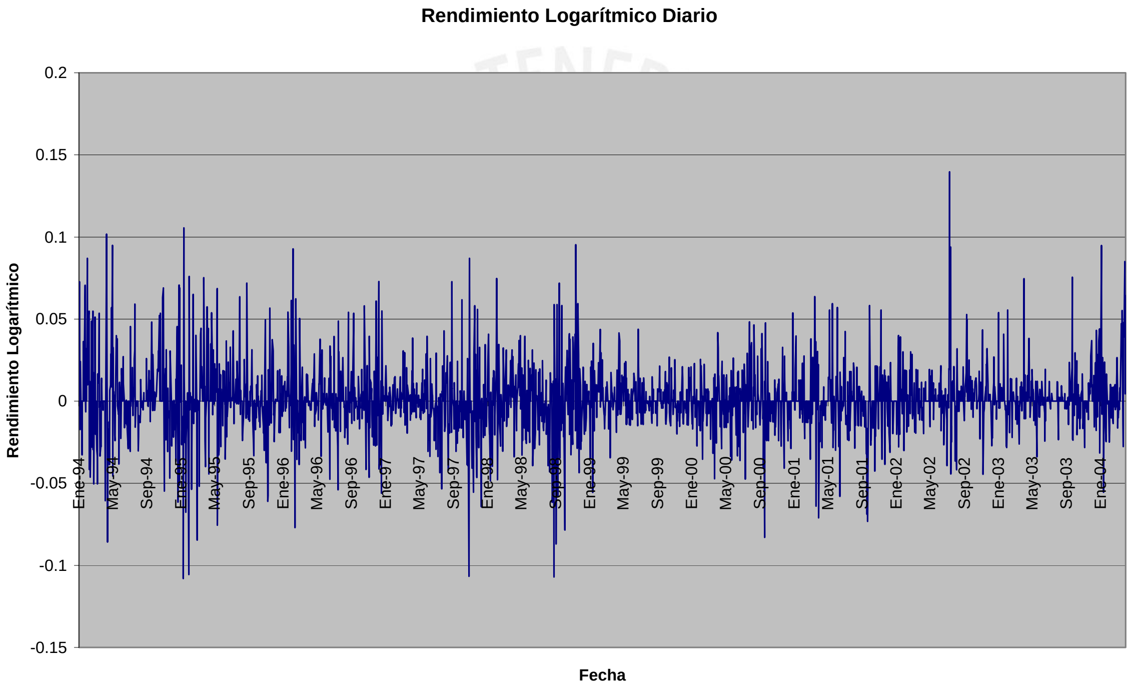
Precios de la acción MINSURI1 de enero de 1994 a enero del 2004



Fuente: CONASEV
Elaboración Propia

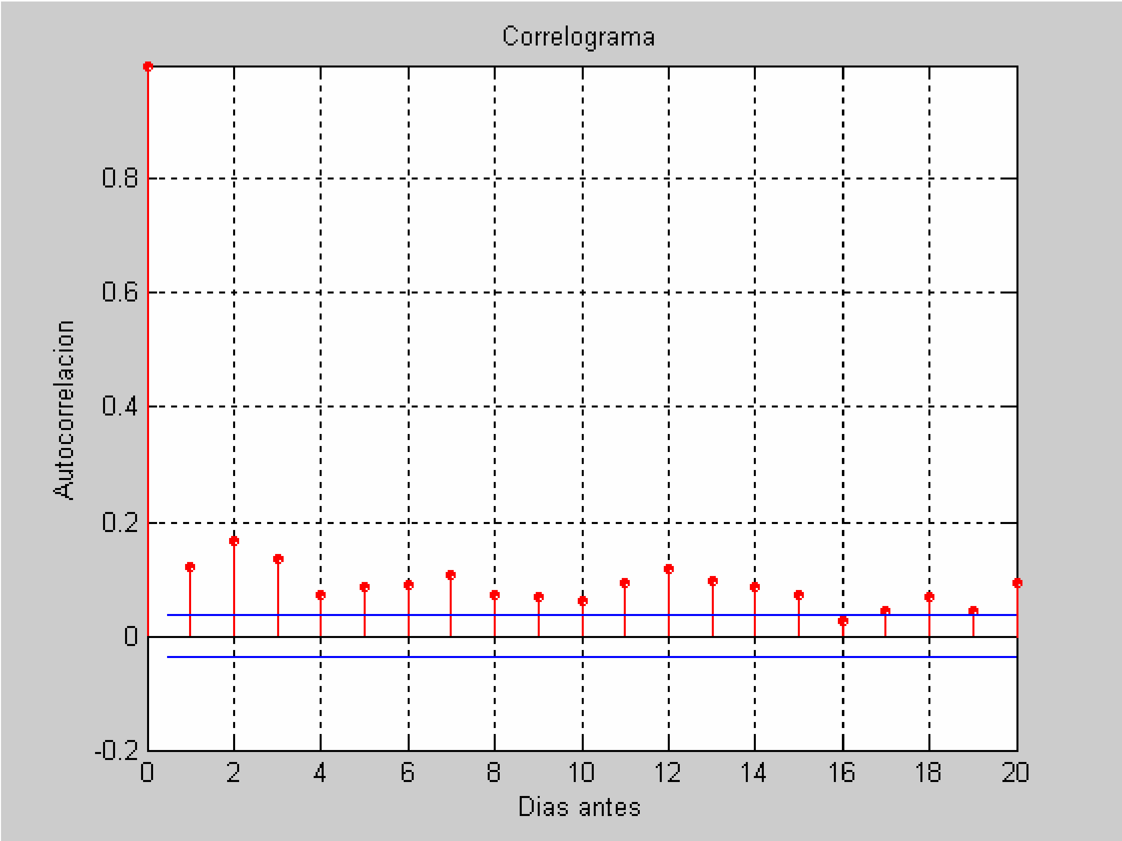
ANEXO 5

Rendimiento logarítmico diario de la acción MINSURI1 de enero de 1994 a marzo del 2004



ANEXO 6

Correlograma del cuadrado de los rendimientos diarios de la acción MINSURI1 de enero de 1994 a marzo del 2004



ANEXO 7

Estimación de la volatilidad para el 2do trimestre del 2004 utilizando diferentes modelos y diferente número de observaciones históricas

NEMONICO	EWMA					GARCH			DESVEST
	TRIMESTRE 1	1/2 ANO	1 ANO	2 ANOS	5 ANOS	2 ANOS	5 ANOS	TODOS ANOS	TRIMESTRE 1
ATACOI1	25%	32%	31%	39%	42%	49%	48%	60%	47%
BACKUSI1	25%	23%	23%	23%	23%	31%	27%	46%	29%
BAP	18%	21%	19%	23%	23%	20%	25%	25%	33%
BUENAVC1	48%	51%	52%	52%	53%	60%	38%	43%	59%
CONTINC1	12%	15%	15%	13%		17%	19%	34%	10%
CORAREI1	55%	51%	53%	52%	53%	36%	41%	52%	65%
CPACASC1	8%	8%	8%	8%	15%	19%	23%	26%	18%
CVERDEC1	26%	25%	25%	63%	62%	49%	45%	47%	67%
EDEGELC1	17%	17%	18%	18%	19%	18%	20%	25%	15%
GRAMONC1	34%	48%	39%	46%	48%	64%	54%	47%	53%
LUSURC1	11%	11%	11%	11%	11%	13%	23%	24%	8%
MILPOC1	45%	44%	44%	44%	44%	75%	75%		56%
MINSURI1	70%	67%	69%	61%	57%		38%	46%	41%
TEF	28%	28%	27%	28%	27%	30%	27%	26%	28%
VOLCABC1	27%	42%	48%	53%	50%	70%	59%	57%	60%

Nota: volatilidad en términos anuales.

ANEXO 8

Detalle de la estimación de la volatilidad mediante el modelo EWMA

Nemonico	TRIMESTRE 1			1/2 AÑO			1 AÑO			2 AÑOS			5 AÑOS		
	Teta	1ra observación *	Max Log	Teta	1ra observación *	Max Log	Teta	1ra observación *	Max Log	Teta	1ra observación *	Max Log	Teta	1ra observación *	Max Log
ATACOI1	0.76	01/01/2004	398	0.92	01/07/2003	1,203	0.90	04/04/2003	1,542	0.97	01/04/2002	3,045	0.98	02/04/1999	7,781
BACKUSI1	0.83	01/01/2004	437	0.95	01/07/2003	1,386	0.90	01/04/2003	1,811	0.95	03/04/2002	3,702	0.95	02/04/1999	9,343
BAP	0.79	01/01/2004	318	0.93	01/07/2003	1,518	0.90	02/04/2003	2,024	0.95	01/04/2002	4,014	0.95	02/04/1999	9,366
BVNC1	0.90	01/01/2004	272	0.95	01/07/2003	1,176	0.96	01/04/2003	1,638	0.96	01/04/2002	3,308	0.98	07/04/1999	7,799
CONTINC1	0.95	05/01/2004	540	0.90	01/07/2003	1,674	0.90	01/04/2003	2,178	0.99	05/04/2002	4,050			
CORAREI1	0.89	01/01/2004	332	0.99	01/07/2003	1,151	0.98	01/04/2003	1,601	0.98	02/04/2002	3,329	0.98	05/04/1999	8,088
CPACASC1	0.80	01/01/2004	542	0.93	03/07/2003	1,620	0.93	02/04/2003	2,160	0.92	01/04/2002	4,284	0.99	05/04/1999	9,886
CVERDEC1	0.79	01/01/2004	373	0.80	02/07/2003	892	0.89	01/04/2003	1,390	0.99	08/04/2002	2,917	0.98	21/11/2000	5,094
EDEGELC1	0.93	05/01/2004	503	0.95	01/07/2003	1,490	0.96	02/04/2003	1,959	0.97	08/04/2002	4,164	0.98	02/04/1999	10,125
GRAMONC1	0.78	02/01/2004	375	1.00	01/07/2003	1,172	0.94	01/04/2003	1,494	0.97	03/04/2002	2,796	0.98	02/04/1999	7,312
LUSURC1	0.85	01/01/2004	579	0.85	01/07/2003	1,739	0.87	01/04/2003	2,065	0.98	01/04/2002	4,461	0.98	02/04/1999	9,952
MILPOC1	0.90	01/01/2004	364	0.80	07/11/2003	627	0.80	07/11/2003	627	0.80	07/11/2003	627	0.80	07/11/2003	627
MINSURI1	0.86	01/01/2004	394	0.88	01/07/2003	1,385	0.87	02/04/2003	1,864	0.92	01/04/2002	3,631	0.93	06/04/1999	9,319
TEF	0.94	01/01/2004	440	0.93	01/07/2003	1,477	0.92	01/04/2003	1,942	0.94	01/04/2002	3,583	0.96	29/02/2000	6,643
VOLCABC1	0.63	01/01/2004	355	0.81	02/07/2003	1,083	0.86	03/04/2003	1,380	0.92	01/04/2002	2,760	0.88	12/12/1997	7,891

* El periodo de tiempo de datos históricos fue desde la fecha de la columna “1ra Observación” hasta el 31/03/04.

ANEXO 9

Detalle de la estimación de la volatilidad mediante el modelo GARCH

NEMONICO	2 años					5 años					Todos los datos					
	ω	α	β	VL	σ^2(n)	ω	α	β	VL	σ^2(n)	1ra Observación *	ω	α	β	VL	σ^2(n)
ATACOI1	1.32E-04	0.09	0.78	0.00101	0.00071	7.18E-05	0.85	0.08	0.00098	0.00063	02/01/1992	1.46E-04	0.85	0.05	0.00146	0.00123
BACKUSI1	1.27E-04	0.55	0.12	0.00039	0.00026	1.22E-04	0.33	0.24	0.00028	0.00029	03/01/1992	2.15E-05	0.82	0.18	0.00501	0.00028
BAP	8.70E-06	0.07	0.88	0.00017	0.00015	3.64E-06	0.94	0.05	0.00034	0.00021	25/10/1995	4.57E-06	0.93	0.06	0.00038	0.00019
BUENAVC1	7.26E-04	0.00	0.51	0.00147	0.00099	3.15E-05	0.92	0.02	0.00054	0.00064	22/04/1993	1.99E-05	0.95	0.02	0.00066	0.00080
CONTINC1	7.32E-05	0.16	0.21	0.00012	0.00016	2.41E-05	0.76	0.08	0.00014	0.00015	13/05/1993	5.77E-05	0.72	0.15	0.00047	0.00034
CORAREI1	1.94E-04	0.11	0.50	0.00050	0.00056	3.02E-04	0.46	0.10	0.00068	0.00068	03/01/1992	1.24E-05	0.96	0.03	0.00110	0.00109
CPACASC1	7.62E-06	0.25	0.71	0.00021	0.00005	3.25E-05	0.71	0.14	0.00021	0.00013	07/07/1995	6.91E-05	0.60	0.15	0.00028	0.00018
CVERDEC1	4.17E-05	0.10	0.87	0.00132	0.00047	5.16E-05	0.88	0.06	0.00090	0.00056	21/11/2000	5.22E-05	0.88	0.06	0.00091	0.00086
EDEGELC1	7.10E-06	0.12	0.83	0.00014	0.00011	4.16E-06	0.92	0.06	0.00018	0.00013	19/07/1996	3.31E-06	0.92	0.07	0.00032	0.00022
GRAMONC1	5.66E-04	0.17	0.49	0.00166	0.00119	2.64E-05	0.95	0.03	0.00147	0.00095	22/08/1997	1.05E-05	0.97	0.03	0.00126	0.00079
LUSURC1	5.54E-06	0.12	0.80	0.00007	0.00005	5.19E-06	0.87	0.13	0.00093	0.00008	19/07/1996	6.61E-06	0.85	0.14	0.00055	0.00010
MILPOC1	1.37E-04	0.64	0.32	0.00336	0.00033	1.37E-04	0.32	0.64	0.00336	0.00033	07/11/2003	1.60E-04	0.28	0.72		0.00570
MINSURI1	9.35E-05	0.83	0.17		0.00116	2.89E-05	0.75	0.16	0.00034	0.00154	13/10/1993	1.67E-05	0.85	0.12	0.00054	0.00118
TEF	2.63E-06	0.06	0.93	0.00055	0.00033	1.07E-06	0.98	0.02	0.00039	0.00028	29/02/2000	9.62E-07	0.98	0.02	0.00038	0.00027
VOLCABC1	5.19E-04	0.32	0.43	0.00203	0.00102	1.58E-05	0.86	0.13	0.00609	0.00098	12/12/1997	2.10E-06	0.97	0.02	0.00100	0.00132

* Para la estimación de “Todos los datos” periodo de tiempo de datos históricos fue desde la fecha de la columna “1ra Observación” hasta el 31/03/04.

ANEXO 10

Volatilidad anual real entre el 1ro de abril y el 30 de junio del 2004

NEMÓNICO	Volatilidad
ATACOI1	52%
BACKUSI1	36%
BAP	18%
BUENAVC1	42%
CONTINC1	19%
CORAREI1	49%
CPACASC1	6%
CVERDEC1	65%
EDEGELC1	14%
GRAMONC1	45%
LUSURC1	9%
MILPOC1	41%
MINSURI1	35%
TEF	21%
VOLCABC1	52%

ANEXO 11

Cálculo de los errores de pronósticos de volatilidades

	Error Porcentual									Cuadrado del Error Porcentual								
Nemónico	EWMA Q1	EWMA 1/2	EWMA 1	EWMA 2	EWMA 5	GARCH 2	GARCH 5	GARCH TODO	Desvest	EWMA Q1	EWMA 1/2	EWMA 1	EWMA 2	EWMA 5	GARCH 2	GARCH 5	GARCH TODO	DESVEST
ATACOI1	107%	62%	69%	33%	25%	5%	9%	-13%	10%	1.15	0.39	0.47	0.11	0.06	0.00	0.01	0.02	0.01
BACKUSI1	42%	55%	54%	55%	54%	15%	34%	-23%	22%	0.18	0.31	0.29	0.30	0.30	0.02	0.11	0.05	0.05
BAP	2%	-10%	-1%	-19%	-19%	-8%	-25%	-26%	-44%	0.00	0.01	0.00	0.04	0.04	0.01	0.06	0.07	0.19
BUENAVC1	-13%	-18%	-19%	-19%	-21%	-31%	11%	-2%	-29%	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.09	0.01	0.00	0.08
CONTINC1	56%	29%	29%	40%		9%	-2%	-44%	88%	0.32	0.08	0.08	0.16		0.01	0.00	0.20	0.77
CORAREI1	-11%	-4%	-7%	-6%	-7%	38%	19%	-6%	-24%	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.03	0.00	0.06
CPACASC1	-31%	-33%	-32%	-29%	-63%	-70%	-75%	-78%	-69%	0.10	0.11	0.10	0.08	0.39	0.50	0.56	0.61	0.48
CVERDEC1	155%	158%	156%	3%	4%	34%	45%	37%	-2%	2.41	2.50	2.43	0.00	0.00	0.12	0.20	0.14	0.00
EDEGELC1	-15%	-17%	-20%	-21%	-25%	-22%	-27%	-43%	-6%	0.02	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05	0.07	0.18	0.00
GRAMONC1	33%	-6%	16%	-1%	-6%	-29%	-16%	-4%	-14%	0.11	0.00	0.03	0.00	0.00	0.09	0.03	0.00	0.02
LUSURC1	-25%	-25%	-25%	-20%	-21%	-32%	-63%	-65%	12%	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.10	0.40	0.42	0.01
MILPOC1	-8%	-6%	-6%	-6%	-6%	-45%	-45%		-27%	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20		0.07
MINSURI1	-50%	-48%	-49%	-43%	-39%		-10%	-24%	-15%	0.25	0.23	0.24	0.18	0.15		0.01	0.06	0.02
TEF	-25%	-23%	-23%	-23%	-22%	-30%	-21%	-20%	-25%	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.09	0.05	0.04	0.06
VOLCABC1	95%	26%	10%	-1%	5%	-25%	-11%	-9%	-12%	0.90	0.07	0.01	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.02
Promedio de Errores	**21%**	**9%**	**10%**	**-4%**	**-10%**	**-14%**	**-12%**	**-23%**	**-9%**	**0.37**	**0.26**	**0.26**	**0.07**	**0.08**	**0.11**	**0.12**	**0.13**	**0.12**

ANEXO 12

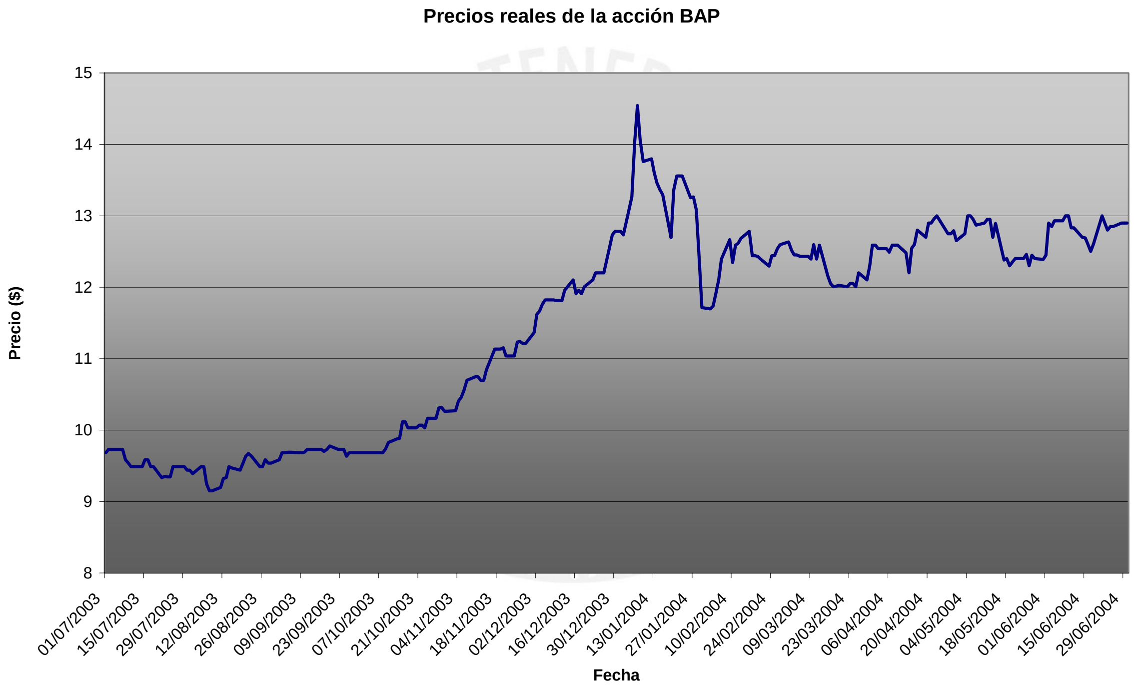
Detalles de los pronósticos de la volatilidad para el tercer trimestre utilizando el modelo EWMA con 2 años de datos históricos

NEMONICO	Vol Anual	Teta	Fecha **	Max Log
ATACOI1	43%	0.95	01/07/2002	3,020
BACKUSI1	28%	0.95	01/07/2002	3,610
BAP	19%	0.96	01/07/2002	4,032
BUENAVC1	44%	0.97	01/07/2002	3,286
CORAREI1	48%	0.99	15/07/2002	3,227
CPACASC1	7%	0.93	04/07/2002	4,426
CVERDEC1	62%	0.98	02/07/2002	2,855
CONTINC1	14%	0.999	10/07/2002	3,883
EDEGELC1	13%	0.96	02/07/2002	4,198
GRAMONC1	44%	0.96	11/07/2002	2,785
LUSURC1	9%	0.98	01/07/2002	4,532
MILPOC1 *	41%		01/04/2004	
MINSURI1	30%	0.94	01/07/2002	3,625
TEF	20%	0.94	01/07/2002	3,660
VOLCABC1	37%	0.91	05/07/2002	2,750

* La acción de MILPOC1 ha sido calculada con la fórmula de desviación estándar considerando un trimestre de datos históricos.
** El periodo de tiempo en el que se tomaron las muestras fue desde el valor en la columna Fecha hasta el 30/06/04

ANEXO 13

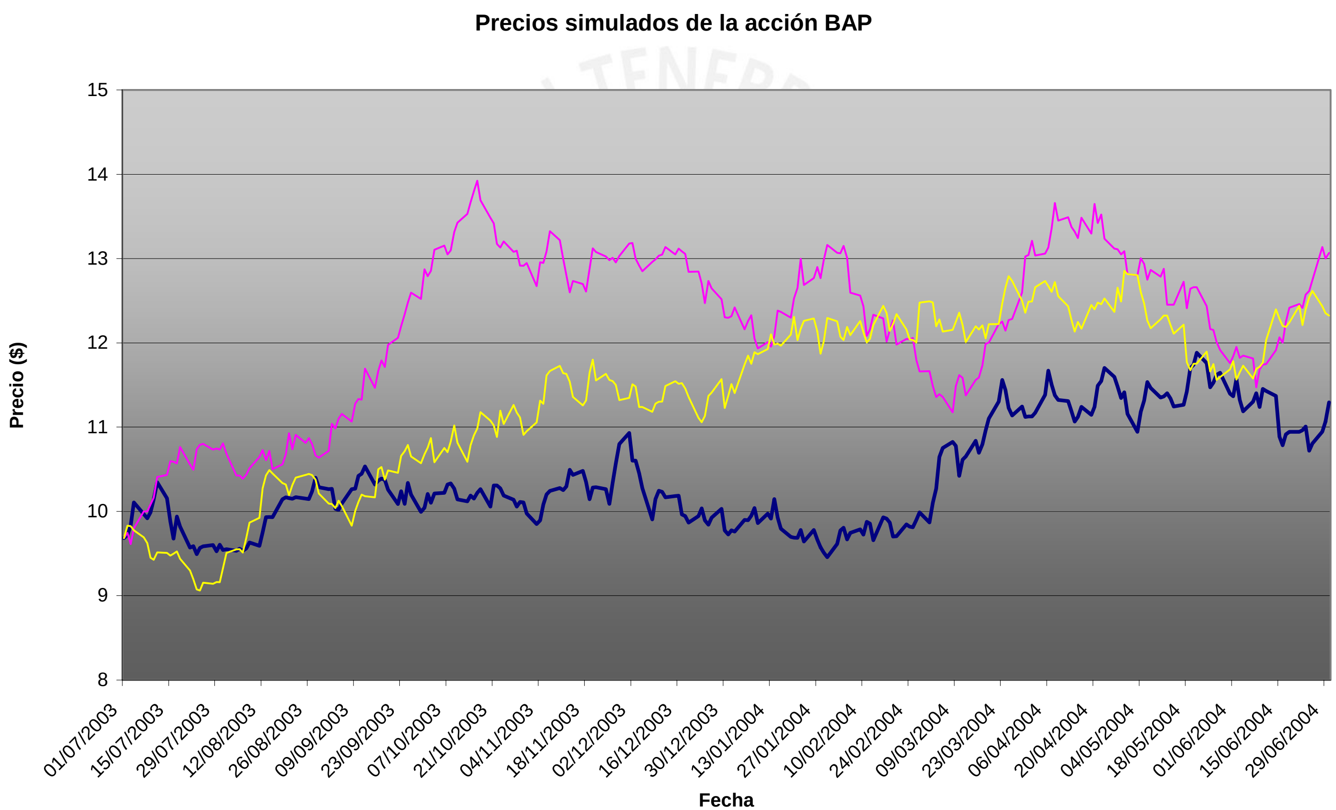
Precios reales de la acción BAP.



Fuente: CONASEV
Elaboración Propia

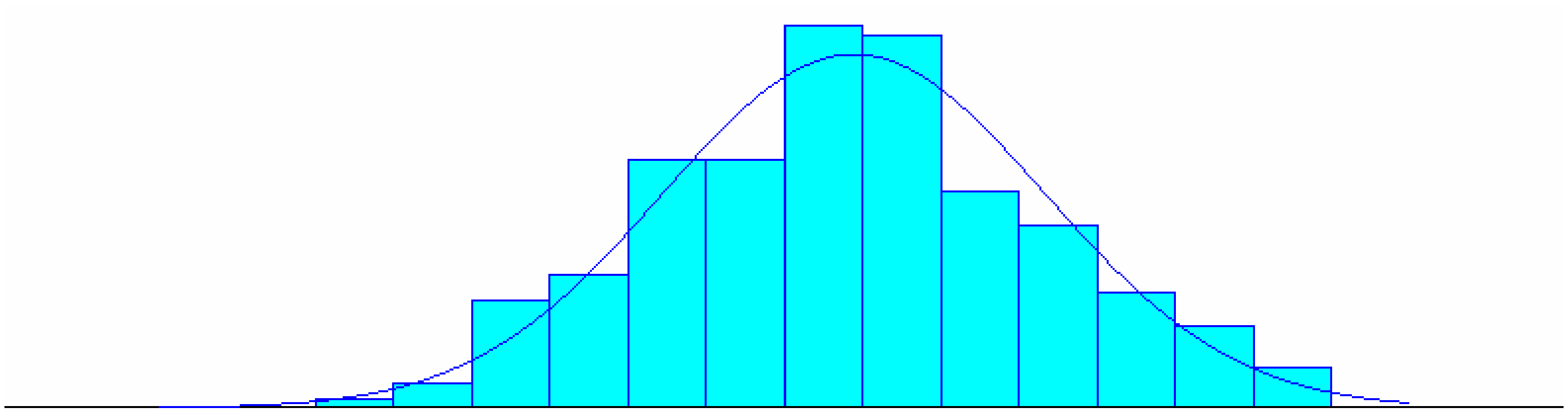
ANEXO 14

Simulaciones de precios de la acción BAP.



ANEXO 15

Simulación de rendimientos normales



Se simularon 261 rendimientos.
La media y desviación estándar de los rendimientos normales simulados es 0.002 y 0.02 respectivamente.
El error cuadrado del ajuste de la simulación a la distribución normal fue de 0.0027

ANEXO 16

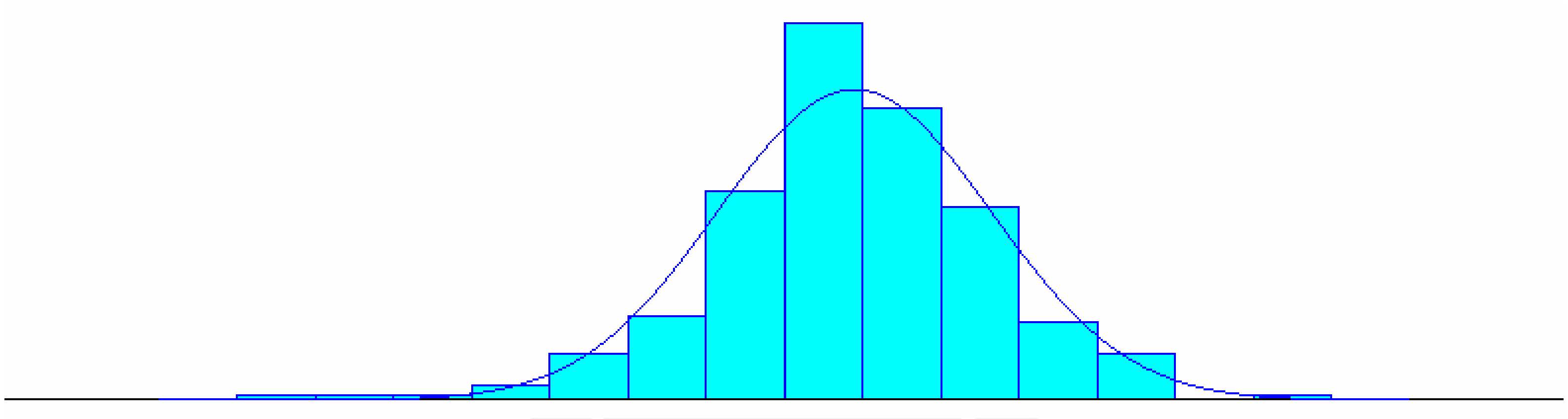
Prueba de normalidad de los rendimientos.

NEMONICO	Error Cuadrado	Media	Desvest	Estadístico de prueba	Valor p	Rechazar Normalidad
ATACOI1	0.005	0.0045	0.029	0.12	< 0.01	Sí
BACKUSI1	0.009	-0.0003	0.018	0.17	< 0.01	Sí
BAP	0.073	0.0011	0.013	0.16	< 0.01	Sí
BUENAVC1	0.027	0.0014	0.030	0.09	0.02	Sí
CORAREI1	0.109	0.0034	0.029	0.18	< 0.01	Sí
CPACASC1	0.232	0.0001	0.008	0.32	< 0.01	Sí
CVERDEC1	0.027	0.0064	0.039	0.12	< 0.01	Sí
CONTINC1	0.095	0.0017	0.010	0.25	< 0.01	Sí
EDEGELC1	0.108	0.0009	0.012	0.30	< 0.01	Sí
GRAMONC1	0.150	0.0014	0.029	0.24	< 0.01	Sí
LUSURC1	0.134	0.0009	0.007	0.28	< 0.01	Sí
MILPOC1	0.030	0.0024	0.028	0.14	< 0.01	Sí
MINSURI1	0.063	0.0026	0.020	0.15	< 0.01	Sí
TEF	0.008	0.0010	0.014	0.05	> 0.15	No
VOLCABC1	0.018	0.0040	0.036	0.14	< 0.01	Sí

La decisión de rechazar la hipótesis nula se basa en un nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 17

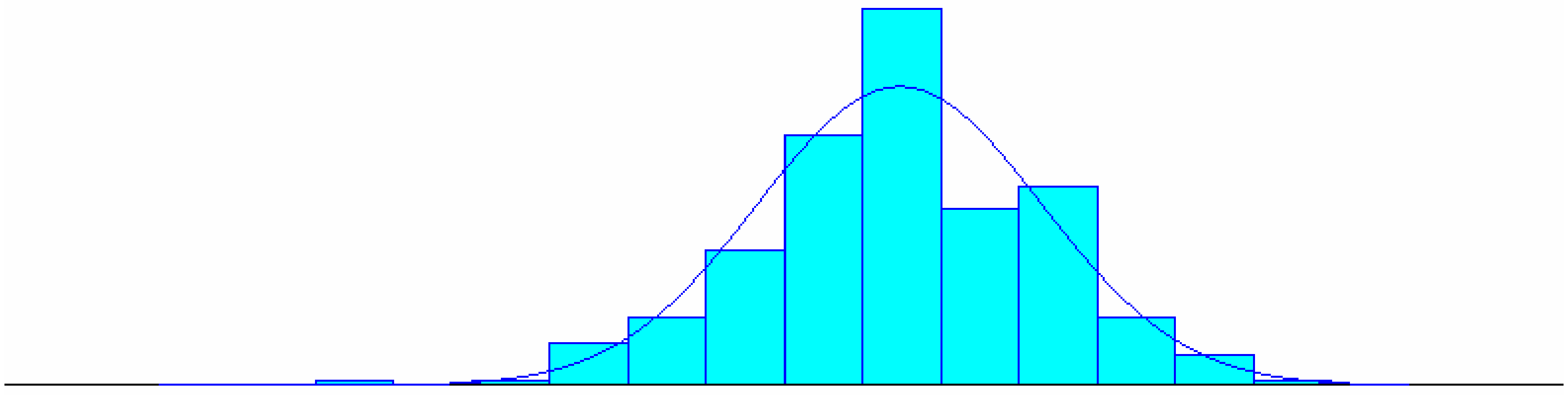
Histograma de los rendimientos logarítmicos de ATACOI



Rendimientos entre el 01/07/2003 y el 30/06/2004

ANEXO 18

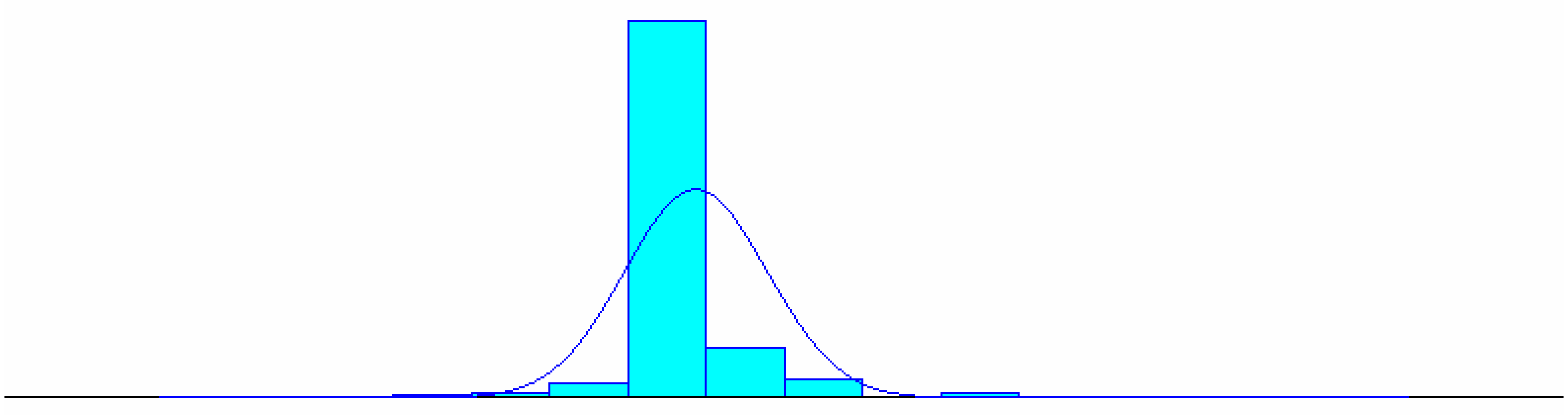
Histograma de los rendimientos logarítmicos de TEF



Rendimientos entre el 01/07/2003 y el 30/06/2004

ANEXO 19

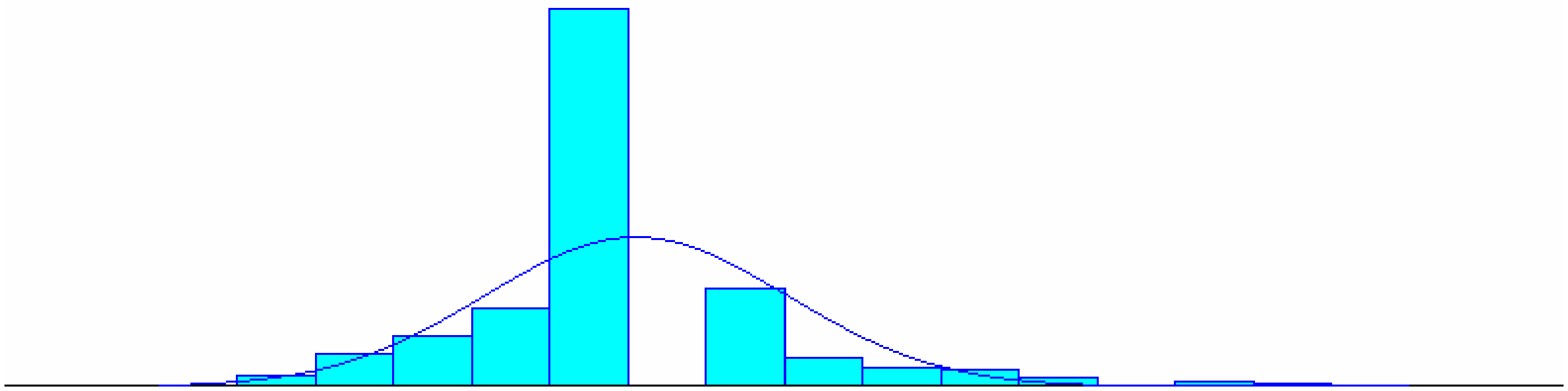
Histograma de los rendimientos logarítmicos de CPACASC1



Rendimientos entre el 01/07/2003 y el 30/06/2004

ANEXO 20

Histograma de los rendimientos logarítmicos de GRAMONC1



Rendimientos entre el 01/07/2003 y el 30/06/2004

ANEXO 21

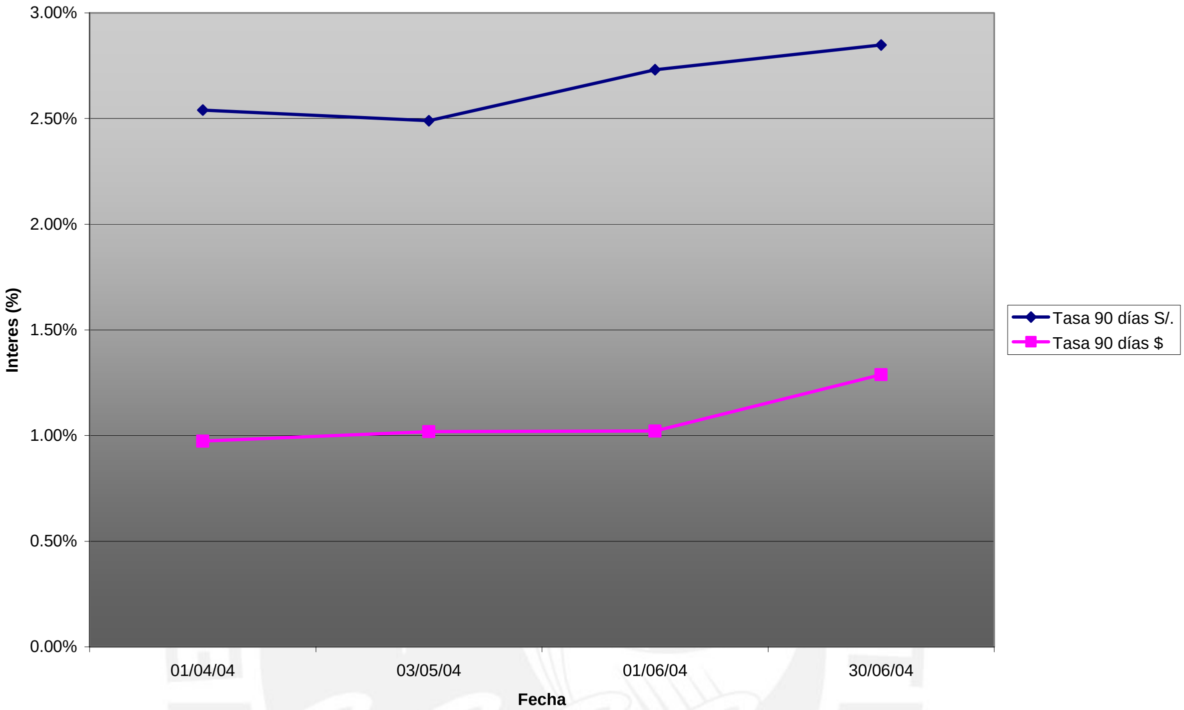
Detalle de la prueba de la razón de las varianzas de dos poblaciones.

NEMONICO	var 1	var 2	F	n1	n2	F crítico	valor p	Decisión
ATACOI1	1.4E-03	6.5E-04	2.2	32	32	2.05	0.02	Rechazar Ho
BACKUSI1	8.7E-04	1.5E-04	5.6	32	32	2.05	0.00	Rechazar Ho
BAP	1.7E-04	1.1E-04	1.6	32	32	2.05	0.11	No rechazar Ho
BUENAVC1	1.0E-03	7.0E-04	1.4	32	32	2.05	0.15	No rechazar Ho
CORAREI1	1.6E-03	3.9E-04	4.0	32	32	2.05	0.00	Rechazar Ho
CPACASC1	1.6E-05	9.7E-06	1.6	32	32	2.05	0.09	No rechazar Ho
CVERDEC1	2.5E-03	8.4E-04	2.9	32	32	2.05	0.00	Rechazar Ho
CONTINC1	1.1E-04	1.7E-04	1.4	32	32	2.05	0.15	No rechazar Ho
EDEGELC1	1.1E-04	5.3E-05	2.1	32	32	2.05	0.02	Rechazar Ho
GRAMONC1	1.0E-03	5.7E-04	1.8	32	32	2.05	0.05	No rechazar Ho
LUSURC1	3.8E-05	1.6E-05	2.4	32	32	2.05	0.01	Rechazar Ho
MILPOC1	1.0E-03	3.2E-04	3.1	32	32	2.05	0.00	Rechazar Ho
MINSURI1	5.9E-04	3.7E-04	1.6	32	32	2.05	0.09	No rechazar Ho
TEF	1.5E-04	1.9E-04	1.2	32	32	2.05	0.29	No rechazar Ho
VOLCABC1	1.5E-03	6.2E-04	2.5	32	32	2.05	0.01	Rechazar Ho

La decisión se basa en una prueba de dos extremos, ya que la hipótesis alternativa planteaba que las varianzas eran distintas.
F crítico fue calculado con un nivel de confianza de 95%

ANEXO 22

Evolución de las tasas libre de riesgo* en Nuevos Soles y en Dólares Americanos



*Promedio de las tasas pasivas del Banco de Crédito y del Banco Continental, interpolado a 90 días.
Fuente: Superintendencia de Banca y Seguros
Elaboración propia

ANEXO 23

Tasas pasivas en Nuevos Soles y Dólares Americanos en principales bancos

Banco	Tasas en S/.		Tasas en US$	
	Plazo 61-90 días	Plazo 91-180 días	Plazo 61-90 días	Plazo 91-180 días
Banco Continental	2.56%	3.59%	0.88%	1.89%
Banco de Crédito	2.76%	3.24%	1.38%	1.64%
Promedio	**2.66%**	**3.42%**	**1.13%**	**1.77%**

Fuente: Superintendencia de Banca y Seguros
Fecha: 30/06/2005
Elaboración propia

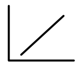
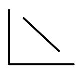
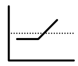
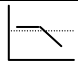
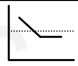
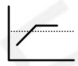
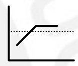
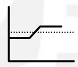
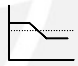
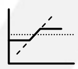
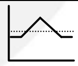
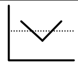
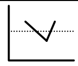
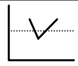
ANEXO 24

Expectativa de rendimientos de las acciones del Portafolio

Nemonico	Expectativa
MILPOC1	Muy Pobre
BUENAVC1	Pobre
CPACASC1	Pobre
CVERDEC1	Pobre
VOLCABC1	Pobre
ATACOI1	Regular
BACKUSI1	Regular
MINSURI1	Regular
TEF	Regular
BAP	Bueno
GRAMONC1	Bueno
LUSURC1	Bueno
CONTINC1	Muy Bueno
CORAREI1	Muy Bueno
EDEGELC1	Muy Bueno

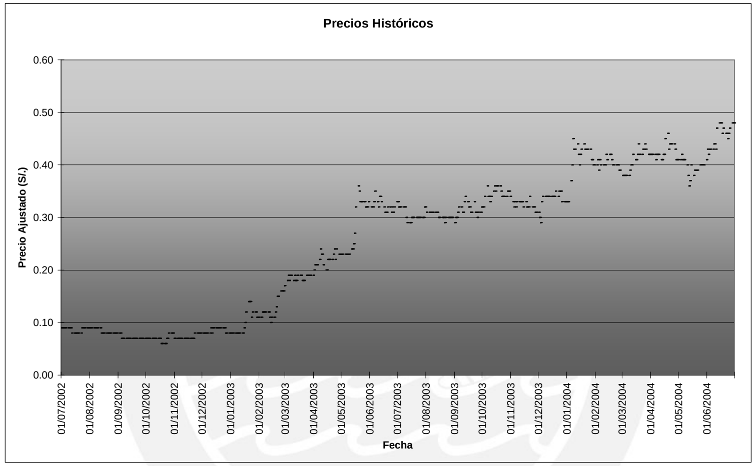
ANEXO 25

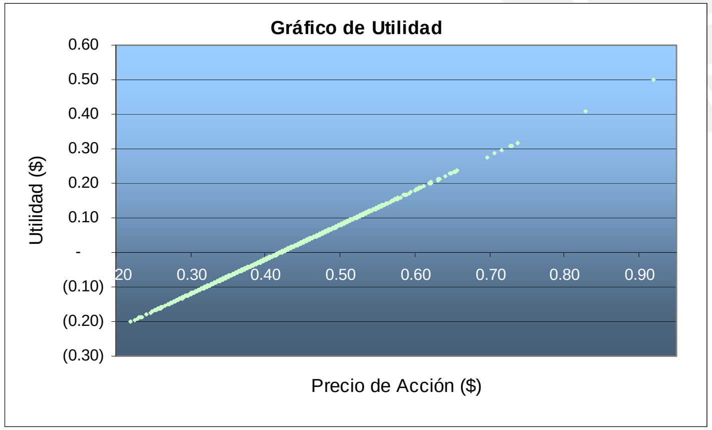
Resumen de estrategias de acciones y opciones

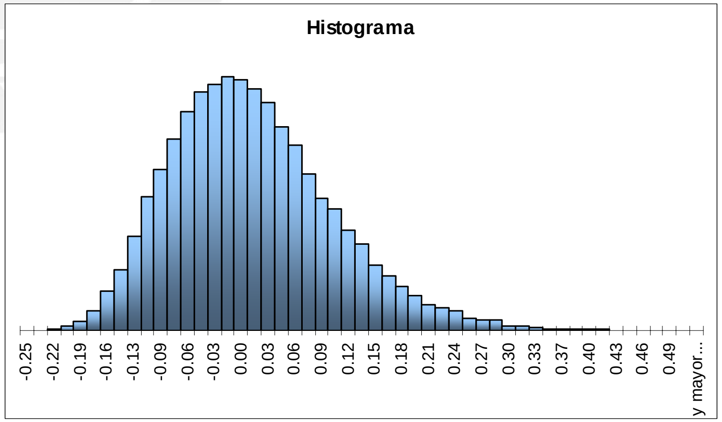
Estrategia	Componentes	Gráfico
Compra acción	Acción	
Venta en corto	- Acción	
Compra call	Call	
Escribir call	- Call	
Compra put	Put	
Escribir put	- Put	
Covered Call	Acción - Call	
Protective Put	Acción + Put	
Call Bull Spread	Call 1 - Call 2	
Put Bear Spread	Put 2 - Put 1	
Collar	Acción + Put 1 - Call 2	
Butterfly	Call 1 - 2 * Call 2 + Call 3	
Starddle	Call + Put	
Strap	Call + 2 * Put	
Strip	2 * Call + Put	

ANEXO 26

Información para estrategia compra acción con acción GRAMONC1

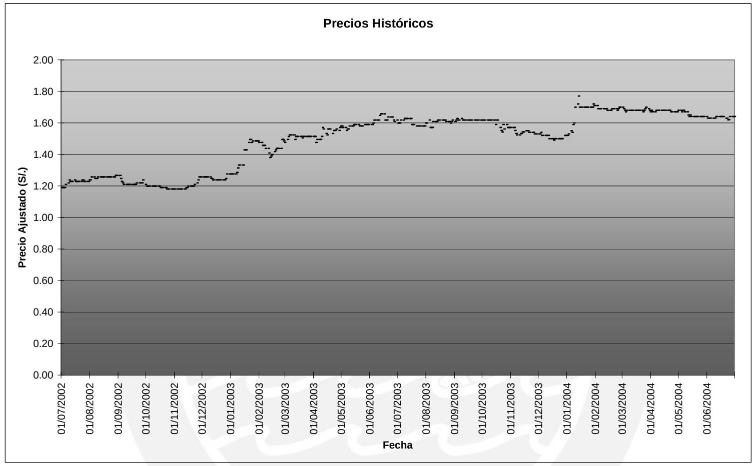


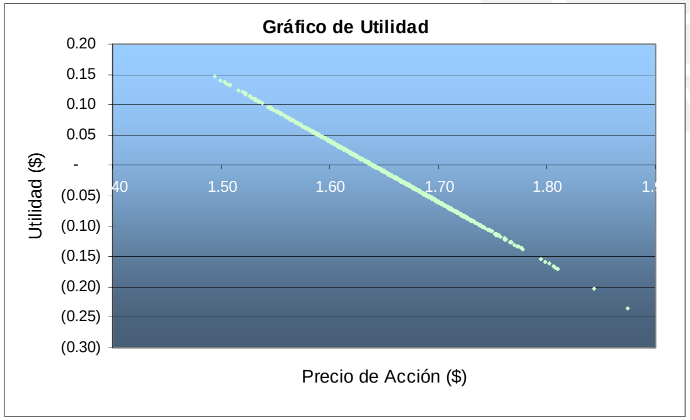


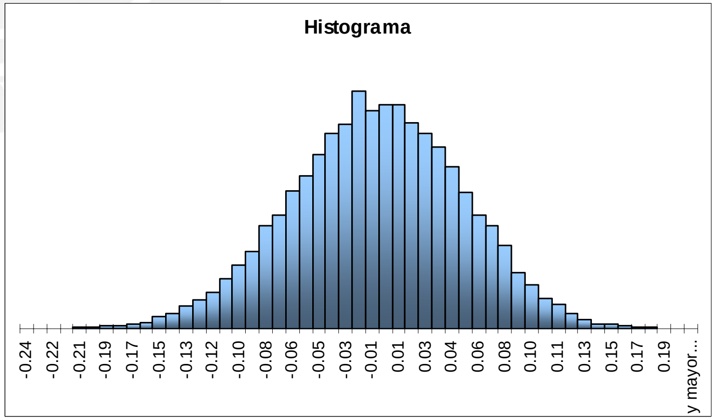


ANEXO 27

Información para estrategia de venta en corto con acción CPACASC1

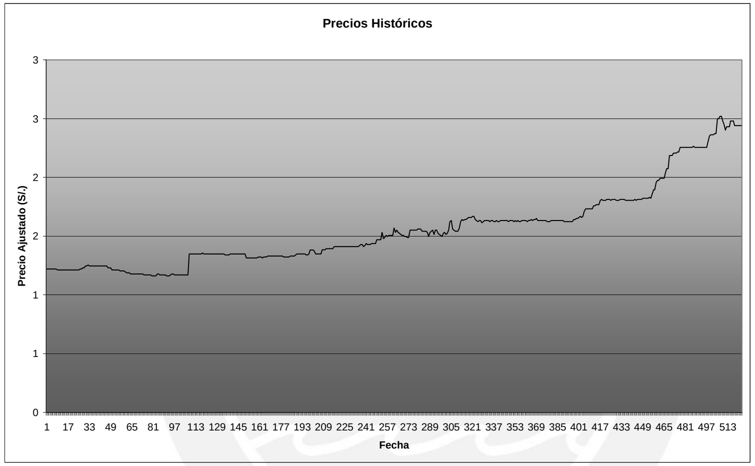


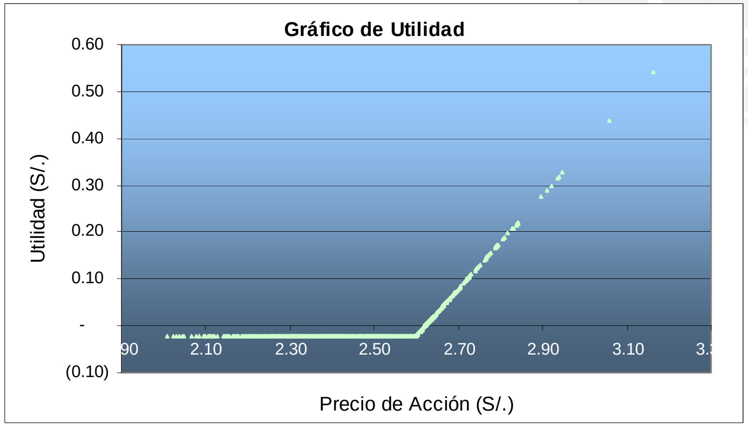


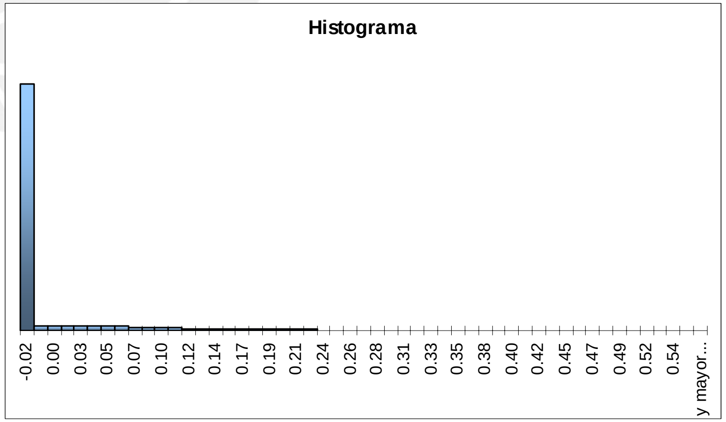


ANEXO 28

Información para estrategia de compra *call* con acción CONTINC1

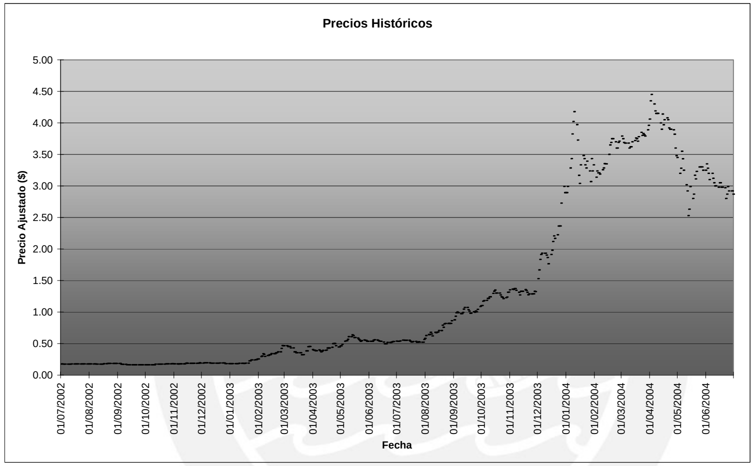


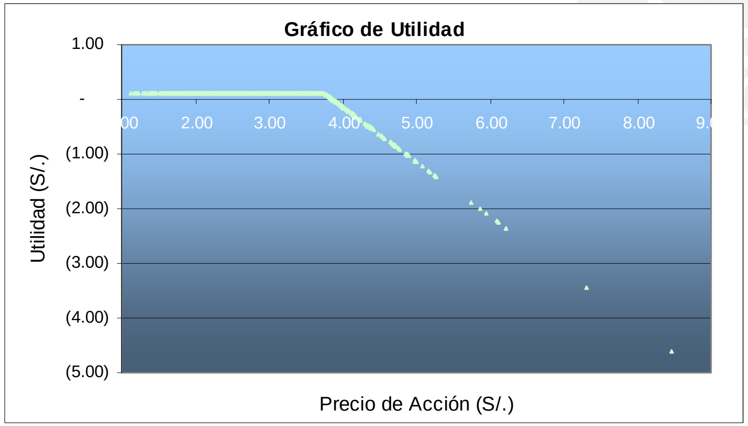


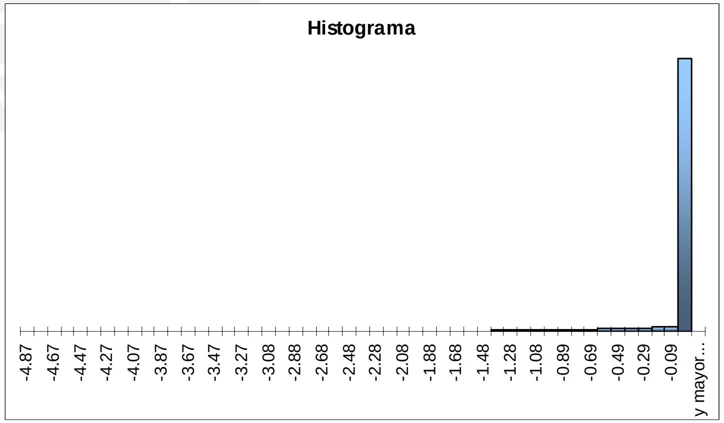


ANEXO 29

Información para estrategia de escribir *call* con acción CVERDEC1

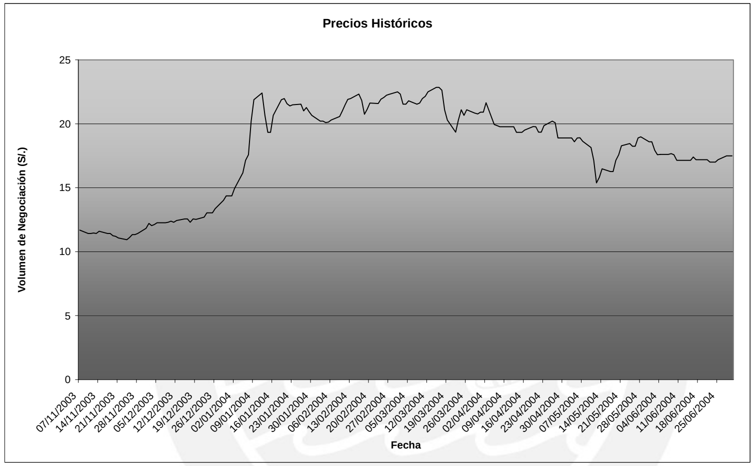


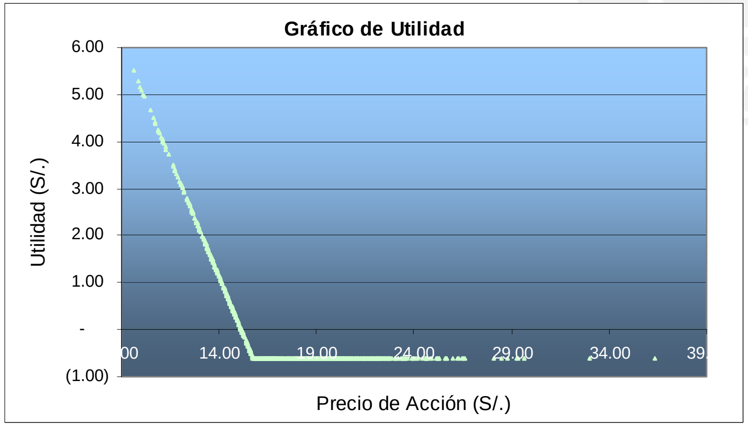


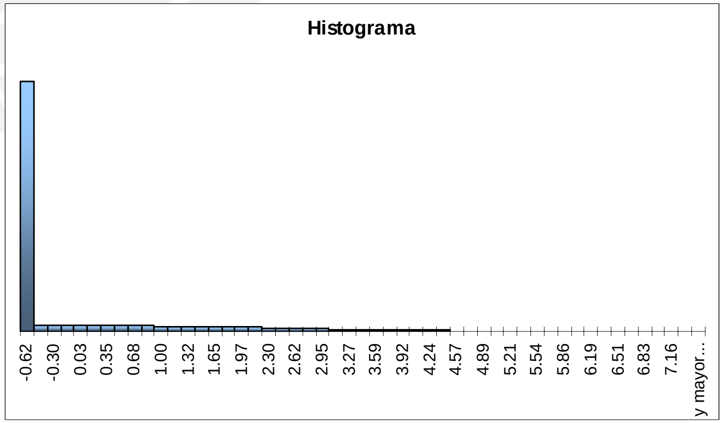


ANEXO 30

Información para estrategia de compra *put* con acción MILPOC1

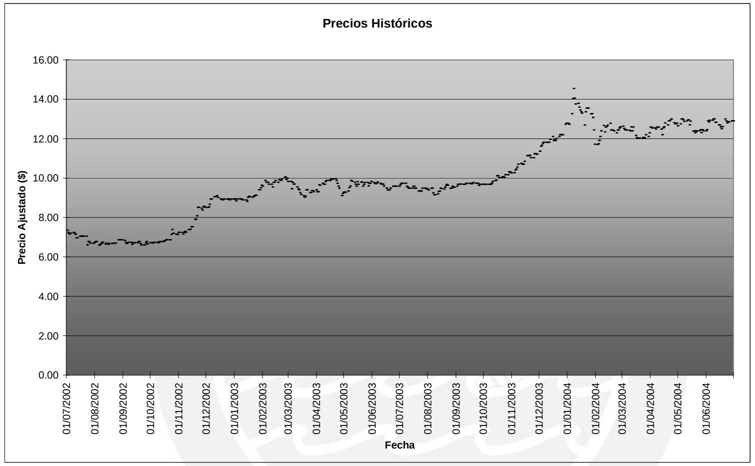


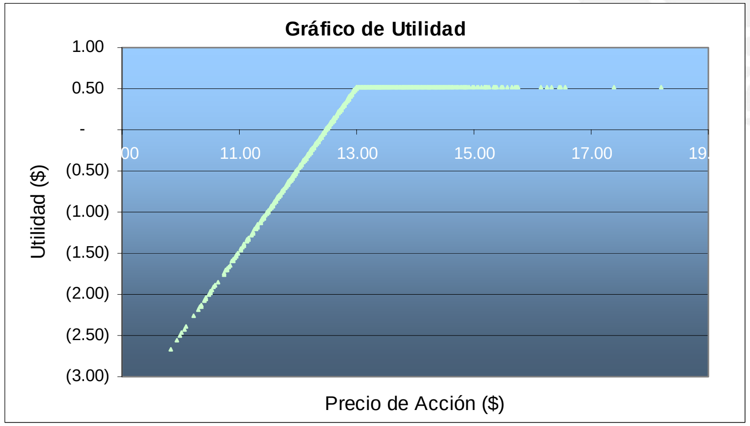


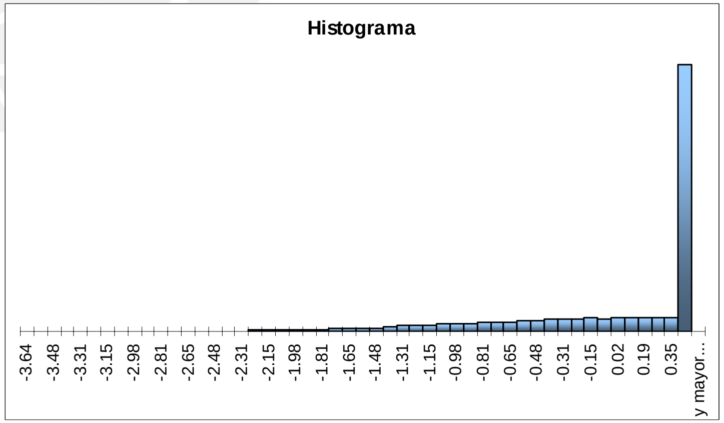


ANEXO 31

Información para estrategia de escribir *put* con acción BAP

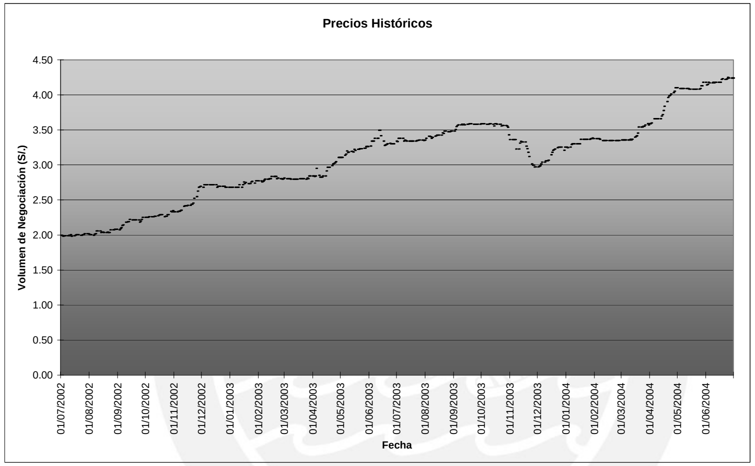


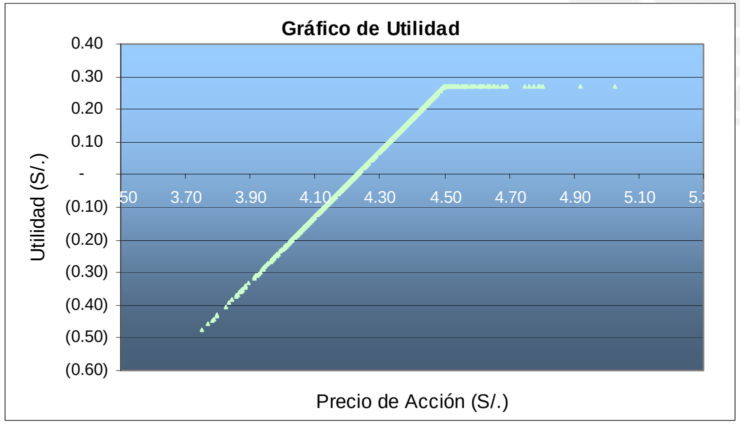


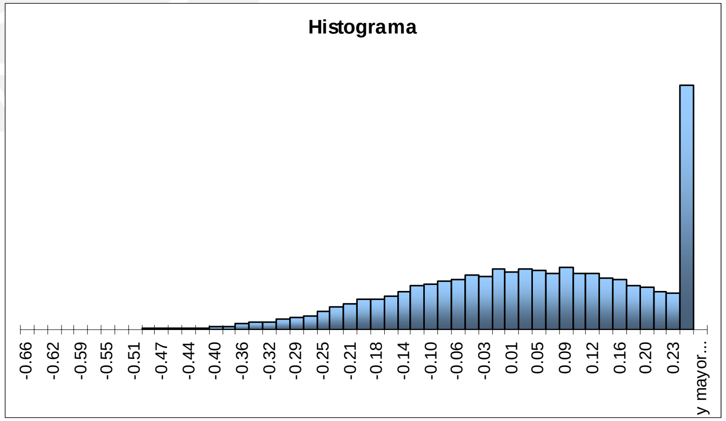


ANEXO 32

Información para estrategia de *covered call* con acción LUSURC1

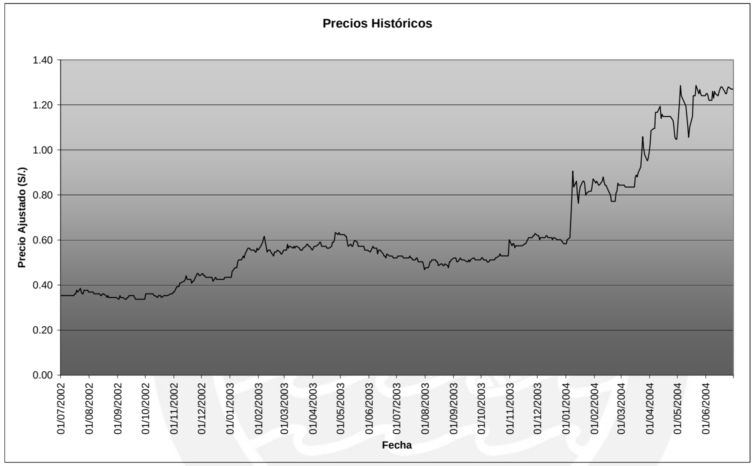


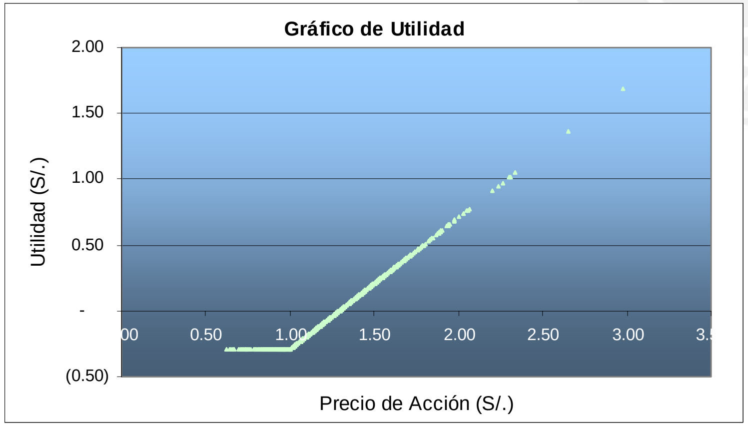


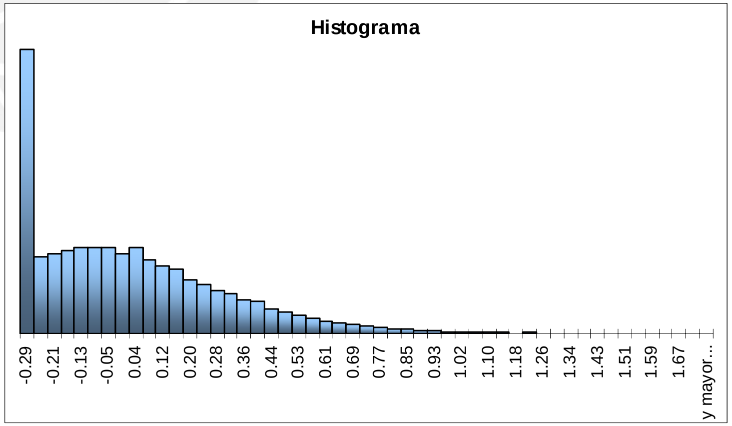


ANEXO 33

Información para estrategia de *protective put* con acción CORAREI1

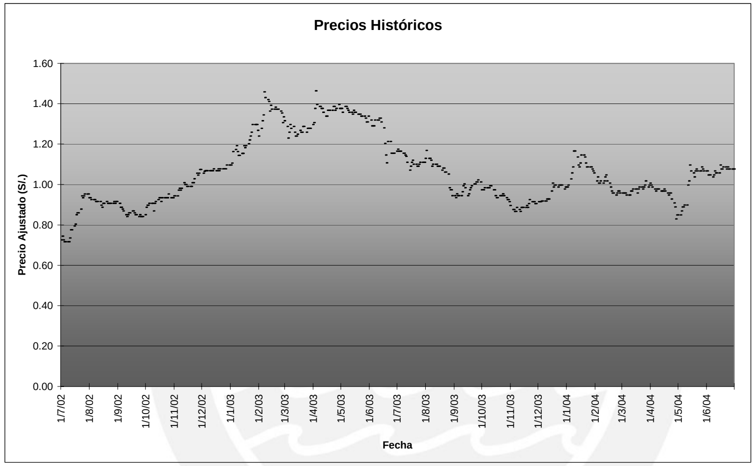


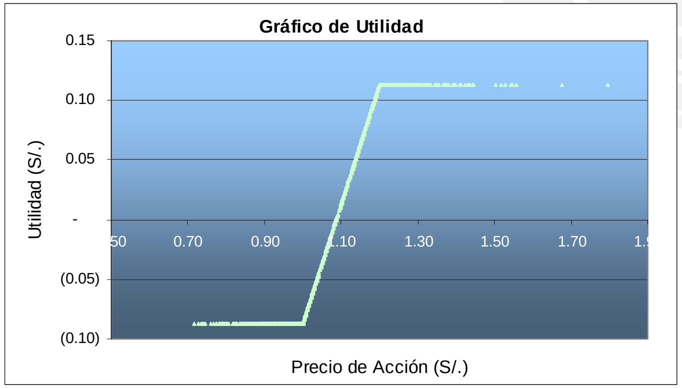


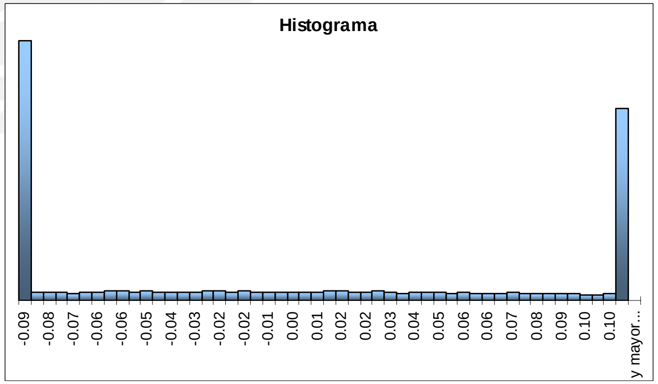


ANEXO 34

Información para estrategia *bull spread* con acción BACKUSI1

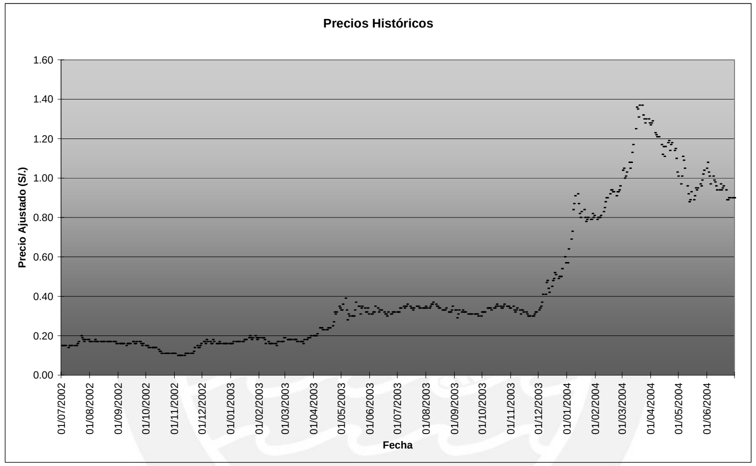


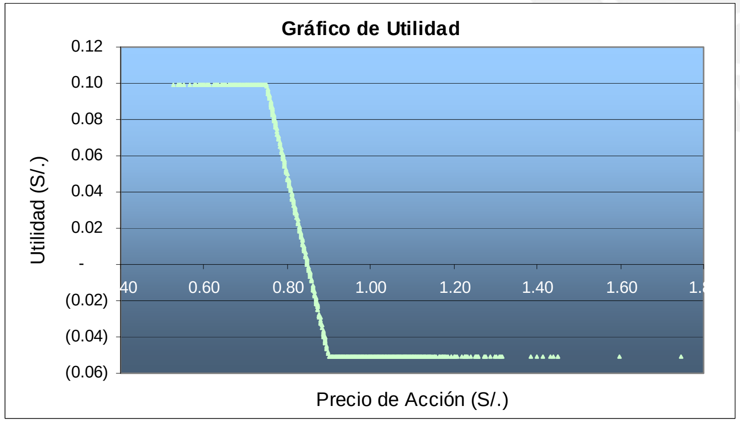


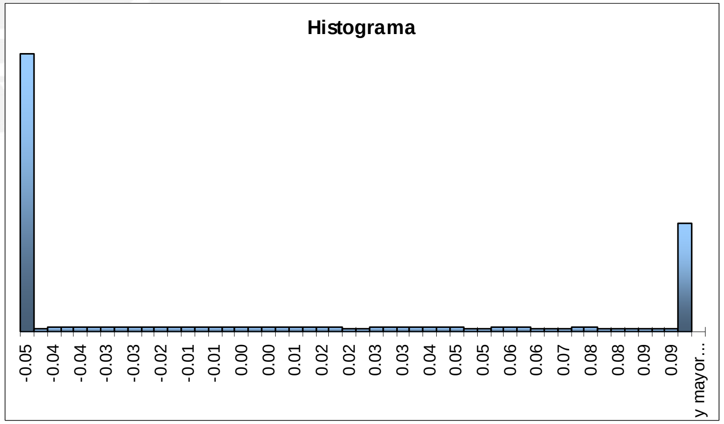


ANEXO 35

Información para estrategia *bear spread* con acción VOLCABC1

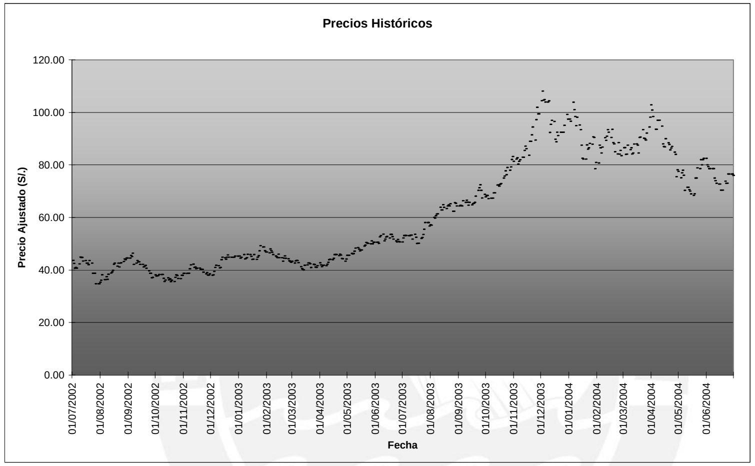


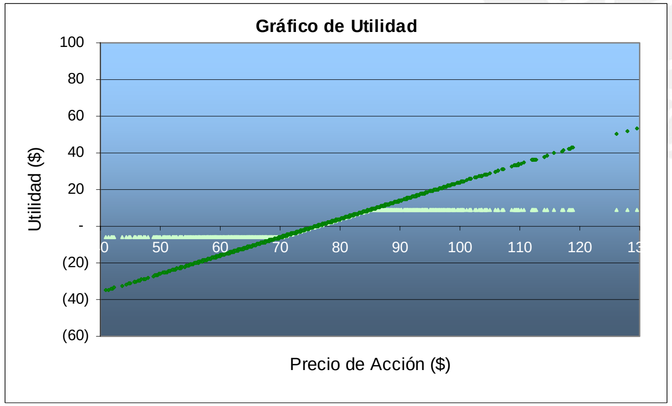


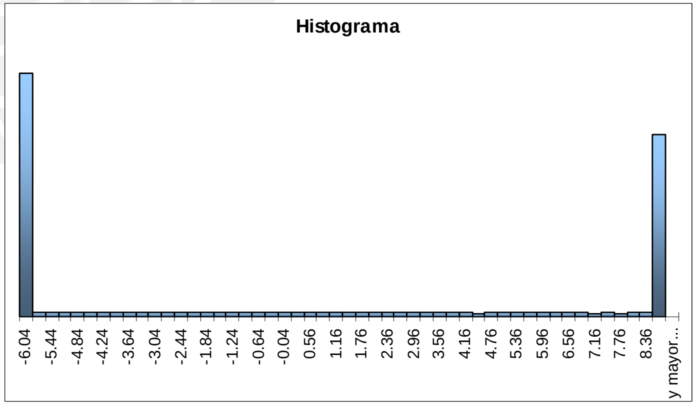


ANEXO 36

Información para estrategia *collar* con acción BUENAVC1

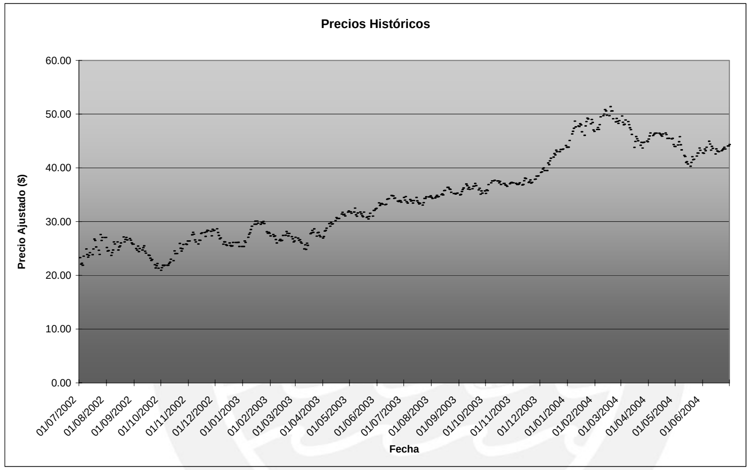


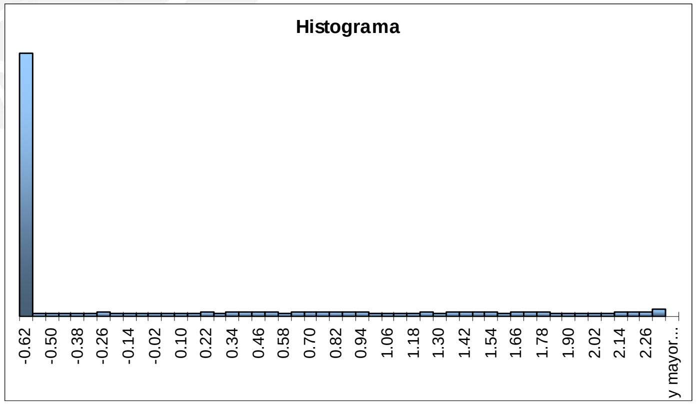




ANEXO 37

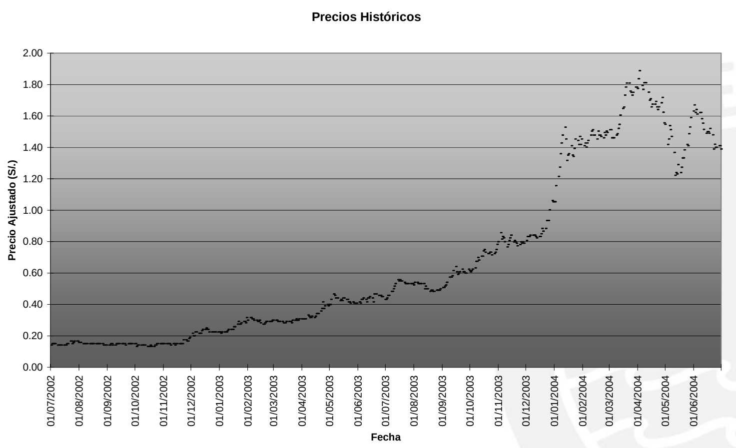
Información para estrategia *butterfly spread* con acción TEF

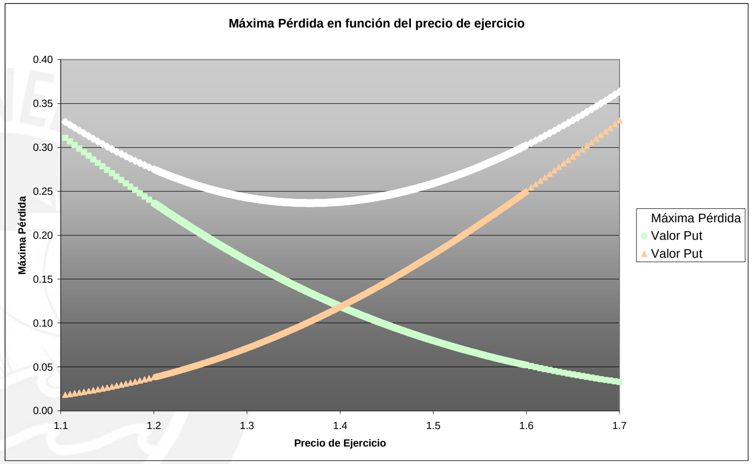


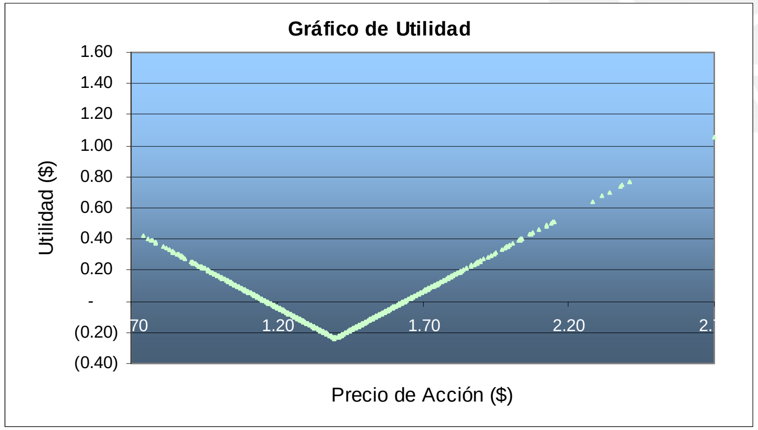


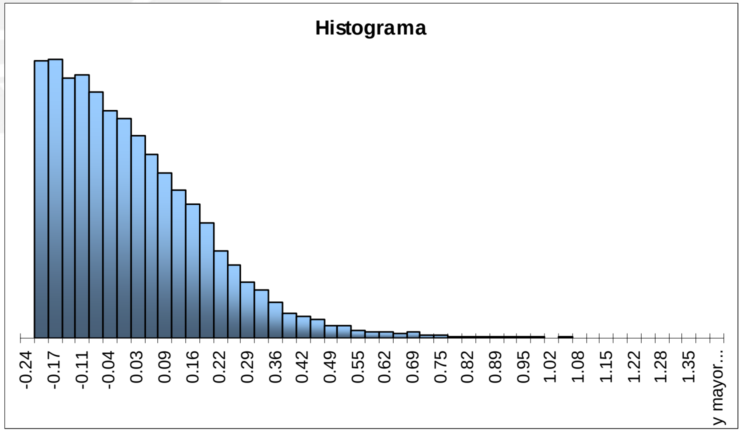
ANEXO 38

Información para estrategia *straddles* con acción ATACOI1



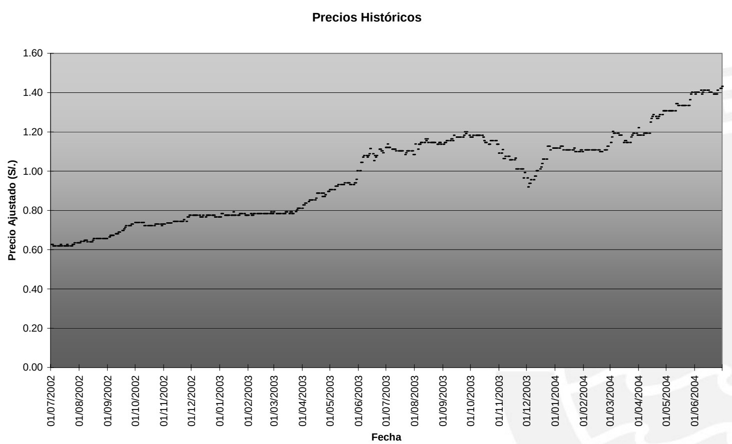


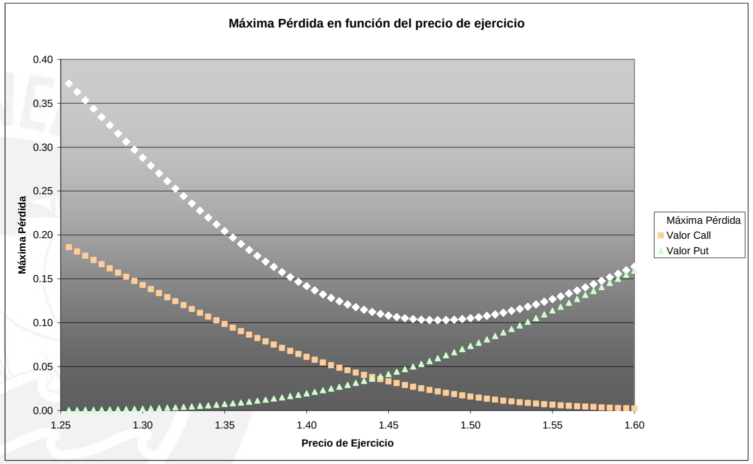


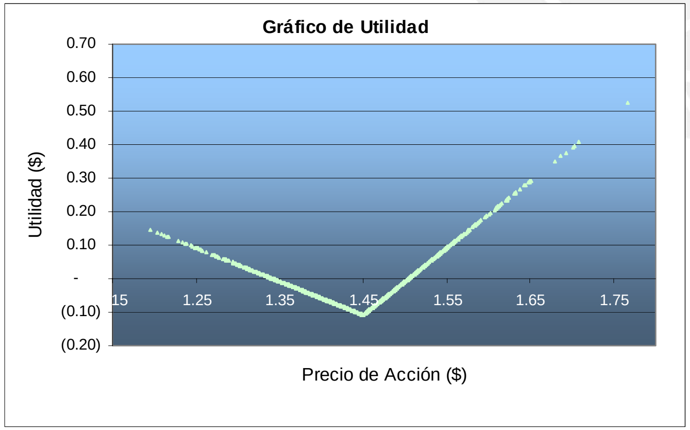


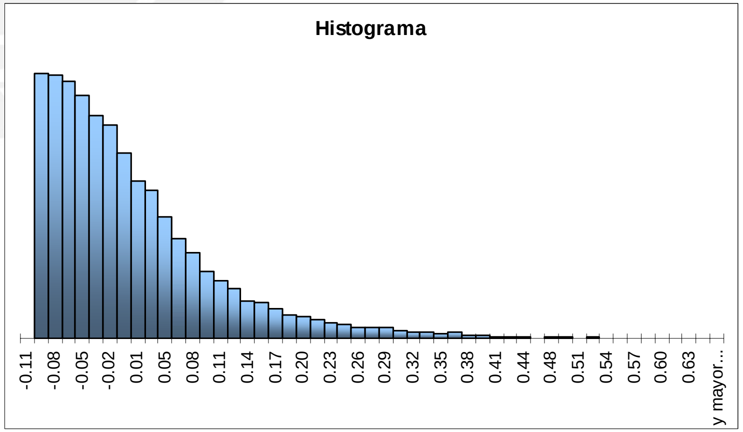
ANEXO 39

Información para estrategia *straps* con acción EDEGELC1



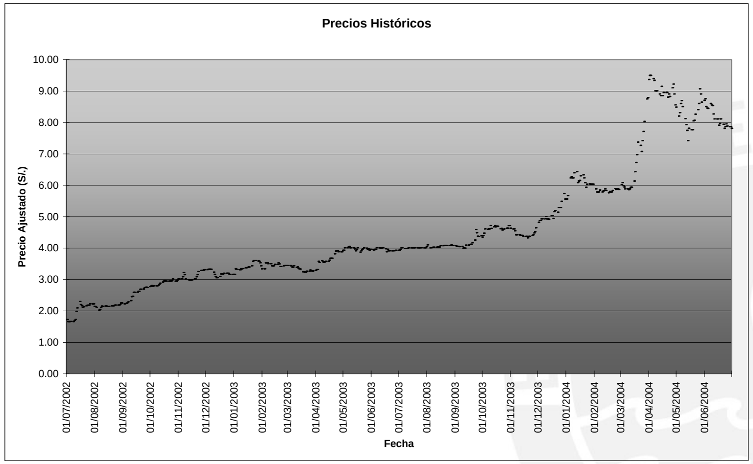


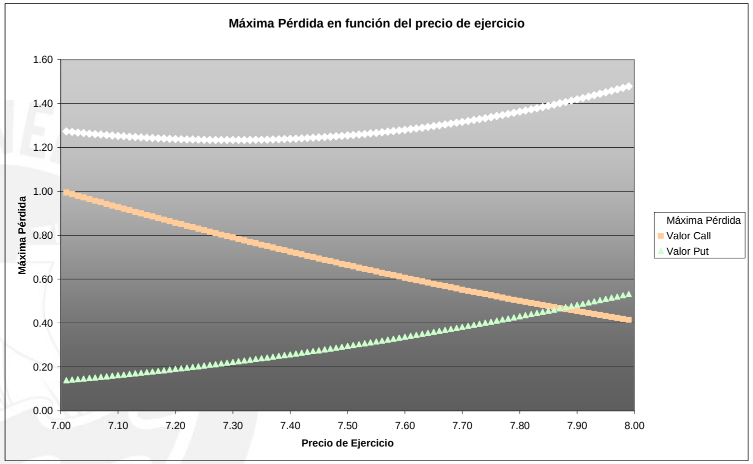


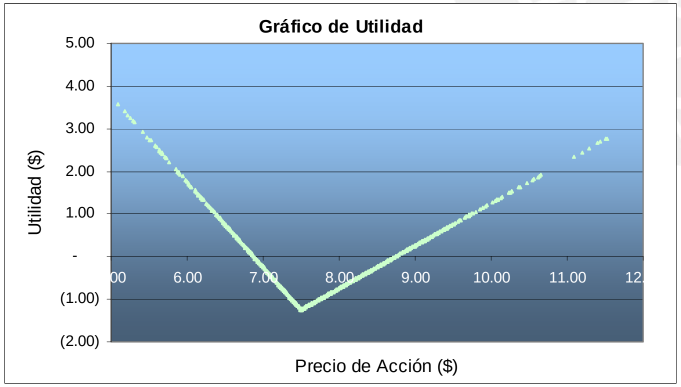


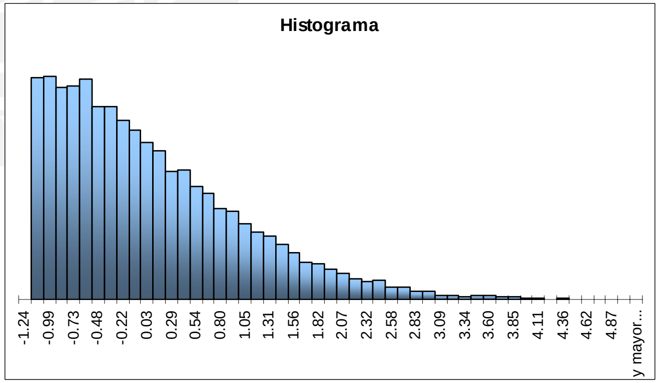
ANEXO 40

Información para estrategia *strips* con acción MINSURI1









ANEXO 41

Estrategias seleccionadas, precios y valores de opciones

Estrategia	Nemonico	Moneda	Precio Actual	Precio de Ejercio	Valor Opción
Compra acción	GRAMONC1	S/.	0.42	N.A.	N.A.
Venta en corto	CPACASC1	S/.	1.64	N.A.	N.A.
Compra call	CONTINC1	S/.	2.44	C: 2.6	P: 0.02
Escribir call	CVERDEC1	$	2.87	C: 3.75	C: 0.11
Compra put	MILPOC1	S/.	17.50	P: 15.75	P: 0.62
Escribir put	BAP	$	12.90	P: 13	P: 0.51
Covered Call	LUSURC1	S/.	4.24	C: 4.5	C: 0.01
Protective Put	CORAREI1	S/.	1.27	P: 1.00	P: 0.02
Bull Spread	BACKUSI1	S/.	1.08	C1: 1.00,C2: 1.20	C1: 0,11, C2: 0.02
Bear Spread	VOLCABC1	S/.	0.90	P1: 0.75, P2: 0.90	P1: 0.01, P2: 0.06
Collar	BUENAVC1	S/.	76.00	P: 70, C: 85	P: 3.64, C: 3.60
Butterfly	TEF	$	44.34	C1: 44,C2: 47,C3: 50	C1: 2.05,C2: 0.87,C3: 0.30
Starddle	ATACOI1	S/.	1.39	C: 1.40, P:1.40	C: 0.12, P: 0.12
Strap	EDEGELC1	S/.	1.43	C: 1.45, P:1.45	C: 0.03, P: 0.04
Strip	MINSURI1	S/.	7.82	C: 7.50, P: 7.50	C: 0.66, P: 0.29

ANEXO 42

Estimación de máxima y mínima utilidad por estrategia

Nemonico	Moneda	Estrategia	Precio Actual	Máximo Valor de Acción *	Mínimo Valor de Acción *	Máxima Ganancia *	Máxima Pérdida *
GRAMONC1	S/.	Compra acción	0.42	0.64	0.27	0.22	0.15
CPACASC1	S/.	Venta en corto	1.64	1.77	1.54	0.1	0.13
CONTINC1	S/.	Compra call	2.44	2.81	2.14	0.19	0.02
CVERDEC1	$	Escribir call	2.87	5.04	1.49	0.11	1.18
MILPOC1	S/.	Compra put	17.50	25.79	11.55	3.58	0.62
BAP	$	Escribir put	12.90	15.47	10.74	0.51	1.75
LUSURC1	S/.	Covered Call	4.24	4.66	3.91	0.27	0.32
CORAREI1	S/.	Protective Put	1.27	1.99	0.78	0.7	0.29
BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	1.08	1.42	0.81	0.11	0.09
VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	0.90	1.28	0.62	0.1	0.05
BUENAVC1	S/.	Collar	76.00	115.02	48.54	8.96	6.04
TEF	$	Butterfly	44.34	53.85	36.8	2.38	0.62
ATACOI1	S/.	Starddle	1.39	2.09	0.9	0.45	0.24
EDEGELC1	S/.	Strap	1.43	1.63	1.27	0.26	0.1
MINSURI1	S/.	Strip	7.82	10.42	5.82	2.12	1.26

* Valores estimados asumiendo que las acciones siguen un movimiento browniano geométrico, con tasa de rendimiento igual a la tasa libre de riesgo.
Máximos y mínimos con 95% de probabilidad.

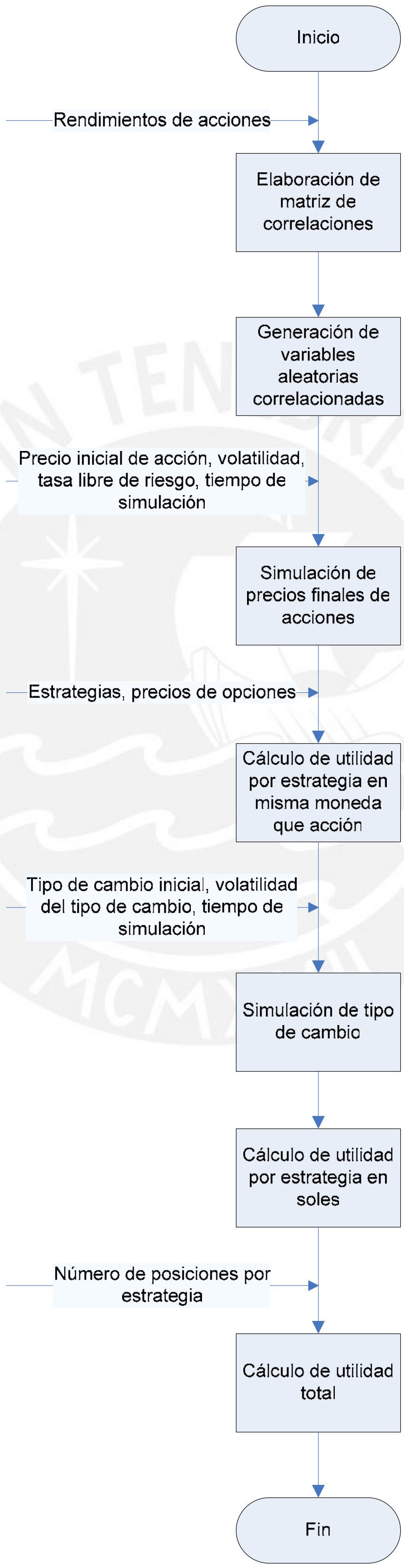
ANEXO 43

Cálculo del desembolso para establecer portafolio

Transacción	Nemónico	Moneda	Estrategia	Instrumento	Posición	Precio Inicial Acción	Precio Opción	Número de Posiciones	Desembolso	Desembolso (S/.)
1	GRAMONC1	S/.	Compra acción	Acción	Compra	S/. 0.42		6,700	S/. 2,814	S/. 2,814
2	CPACASC1	S/.	Venta en corto	Acción	Venta	S/. 1.64		7,700	S/. 0	S/. 0
3	CONTINC1	S/.	Compra call	Call	Compra	S/. 2.44	S/. 0.02	50,000	S/. 1,000	S/. 1,000
4	CVERDEC1	$	Escribir call	Call	Venta	$ 2.87	$ 0.11	200	-$ 22	-S/. 76
5	MILPOC1	S/.	Compra put	Put	Compra	S/. 17.50	S/. 0.62	1,600	S/. 992	S/. 992
6	BAP	$	Escribir put	Put	Venta	$ 12.90	$ 0.51	200	-$ 102	-S/. 354
7	LUSURC1	S/.	Covered Call	Acción	Compra	S/. 4.24		3,100	S/. 13,144	S/. 13,144
8	LUSURC1	S/.	Covered Call	Call	Venta	S/. 4.24	S/. 0.01	3,100	-S/. 31	-S/. 31
9	CORAREI1	S/.	Protective Put	Acción	Compra	S/. 1.27		3,400	S/. 4,318	S/. 4,318
10	CORAREI1	S/.	Protective Put	Put	Compra	S/. 1.27	S/. 0.02	3,400	S/. 68	S/. 68
11	BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	Call	Compra	S/. 1.08	S/. 0.11	11,100	S/. 1,221	S/. 1,221
12	BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	Call	Venta	S/. 1.08	S/. 0.02	11,100	-S/. 222	-S/. 222
13	VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	Put	Venta	S/. 0.90	S/. 0.01	20,000	-S/. 200	-S/. 200
14	VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	Put	Compra	S/. 0.90	S/. 0.06	20,000	S/. 1,200	S/. 1,200
15	BUENAVC1	S/.	Collar	Acción	Compra	S/. 76.00		200	S/. 15,200	S/. 15,200
16	BUENAVC1	S/.	Collar	Put	Compra	S/. 76.00	S/. 3.64	200	S/. 728	S/. 728
17	BUENAVC1	S/.	Collar	Call	Venta	S/. 76.00	S/. 3.60	200	-S/. 720	-S/. 720
18	TEF	$	Butterfly	Call	Compra	$ 44.34	$ 2.05	500	$ 1,025	S/. 3,558
19	TEF	$	Butterfly	Call	Venta	$ 44.34	$ 0.87	500	-$ 435	-S/. 1,510
20	TEF	$	Butterfly	Call	Venta	$ 44.34	$ 0.87	500	-$ 435	-S/. 1,510
21	TEF	$	Butterfly	Call	Compra	$ 44.34	$ 0.30	500	$ 150	S/. 521
22	ATACOI1	S/.	Starddle	Call	Compra	S/. 1.39	S/. 0.12	4,200	S/. 504	S/. 504
23	ATACOI1	S/.	Starddle	Put	Compra	S/. 1.39	S/. 0.12	4,200	S/. 504	S/. 504
24	EDEGELC1	S/.	Strap	Call	Compra	S/. 1.43	S/. 0.03	10,000	S/. 300	S/. 300
25	EDEGELC1	S/.	Strap	Call	Compra	S/. 1.43	S/. 0.03	10,000	S/. 300	S/. 300
26	EDEGELC1	S/.	Strap	Put	Compra	S/. 1.43	S/. 0.04	10,000	S/. 400	S/. 400
27	MINSURI1	S/.	Strip	Call	Compra	S/. 7.82	S/. 0.66	800	S/. 528	S/. 528
28	MINSURI1	S/.	Strip	Put	Compra	S/. 7.82	S/. 0.29	799	S/. 232	S/. 232
29	MINSURI1	S/.	Strip	Put	Compra	S/. 7.82	S/. 0.29	800	S/. 232	S/. 232
Total										S/. 43,140

ANEXO 44

Diagrama de flujo de la simulación del portafolio de opciones



ANEXO 45

Matriz de correlaciones de los rendimientos de las acciones del portafolio

	ATACOI1	BACKUSI1	BAP	BUENAVC1	CONTINC1	CORAREI1	CPACASC1	CVERDEC1	EDEGELC1	GRAMONC1	LUSURC1	MILPOC1	MINSURI1	TEF	VOLCABC1
ATACOI1	1.00	-0.14	0.06	0.32	0.00	0.05	0.10	0.62	-0.11	0.31	0.00	0.50	0.62	0.32	0.77
BACKUSI1	-0.14	1.00	-0.07	0.24	0.02	-0.19	-0.18	0.04	0.13	-0.04	-0.27	-0.06	-0.09	0.06	0.04
BAP	0.06	-0.07	1.00	0.30	0.08	0.16	-0.26	0.20	-0.08	0.18	-0.03	0.00	0.03	0.17	0.17
BUENAVC1	0.32	0.24	0.30	1.00	-0.04	0.17	0.04	0.38	-0.16	0.12	-0.20	0.40	0.20	0.48	0.34
CONTINC1	0.00	0.02	0.08	-0.04	1.00	-0.10	0.02	-0.12	0.26	-0.12	0.21	0.10	0.00	0.17	-0.09
CORAREI1	0.05	-0.19	0.16	0.17	-0.10	1.00	-0.04	0.11	-0.26	0.21	-0.15	0.23	0.03	0.24	0.10
CPACASC1	0.10	-0.18	-0.26	0.04	0.02	-0.04	1.00	0.02	0.00	0.06	0.05	0.21	-0.08	0.13	0.06
CVERDEC1	0.62	0.04	0.20	0.38	-0.12	0.11	0.02	1.00	-0.07	0.48	-0.08	0.67	0.64	0.49	0.78
EDEGELC1	-0.11	0.13	-0.08	-0.16	0.26	-0.26	0.00	-0.07	1.00	-0.11	0.18	-0.12	0.07	0.09	0.00
GRAMONC1	0.31	-0.04	0.18	0.12	-0.12	0.21	0.06	0.48	-0.11	1.00	-0.11	0.41	0.24	0.08	0.33
LUSURC1	0.00	-0.27	-0.03	-0.20	0.21	-0.15	0.05	-0.08	0.18	-0.11	1.00	-0.20	0.03	-0.11	-0.01
MILPOC1	0.50	-0.06	0.00	0.40	0.10	0.23	0.21	0.67	-0.12	0.41	-0.20	1.00	0.38	0.38	0.52
MINSURI1	0.62	-0.09	0.03	0.20	0.00	0.03	-0.08	0.64	0.07	0.24	0.03	0.38	1.00	0.25	0.67
TEF	0.32	0.06	0.17	0.48	0.17	0.24	0.13	0.49	0.09	0.08	-0.11	0.38	0.25	1.00	0.49
VOLCABC1	0.77	0.04	0.17	0.34	-0.09	0.10	0.06	0.78	0.00	0.33	-0.01	0.52	0.67	0.49	1.00

ANEXO 46

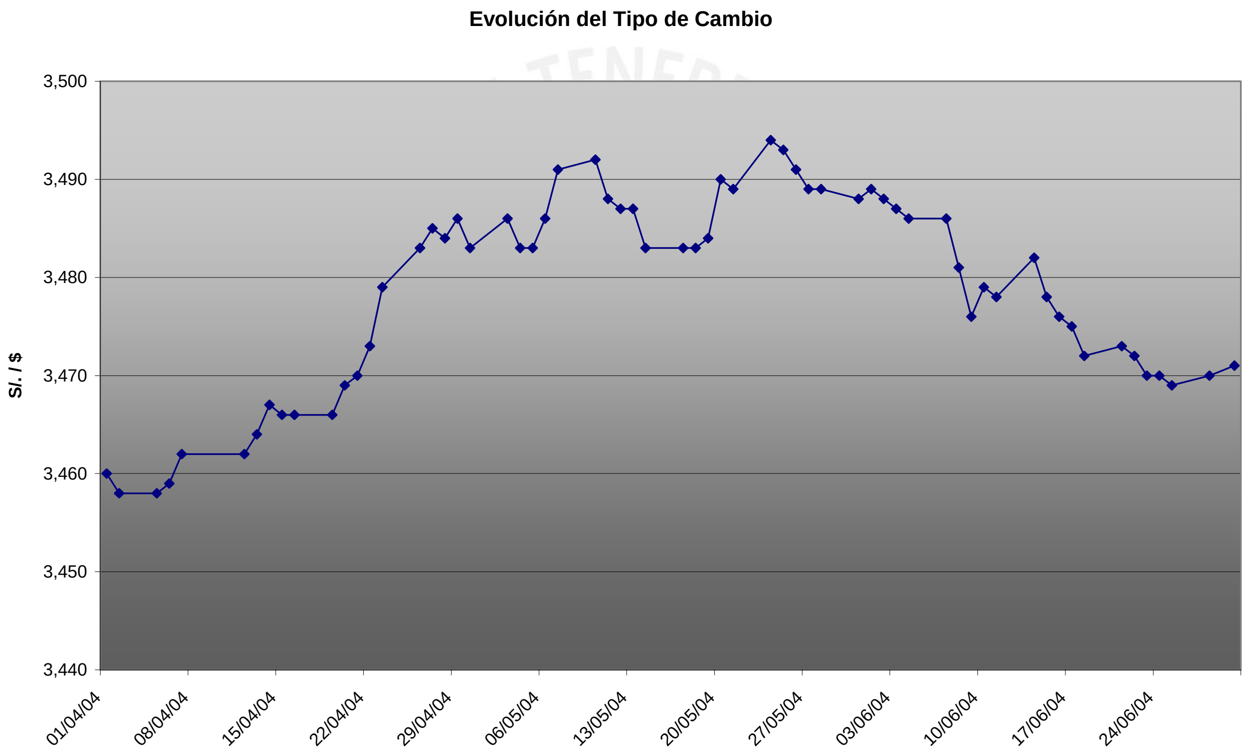
Rendimiento de acciones del portafolio durante 2do trimestre del 2004

Nemonico	Moneda	Precio inicio 2do Trimestre	Precio fin 2do Trimestre	Rendimiento Logarítmico *
GRAMONC1	S/.	0.42	0.42	0%
CPACASC1	S/.	1.67	1.64	-2%
CONTINC1	S/.	1.893479	2.44	25%
CVERDEC1	$	4.06	2.87	-35%
MILPOC1	S/.	20.9051	17.5	-18%
BAP	$	12.5873	12.9	2%
LUSURC1	S/.	3.590015	4.24	17%
CORAREI1	S/.	0.9874597	1.27	25%
BACKUSI1	S/.	1.007325	1.0764	7%
VOLCABC1	S/.	1.27	0.9	-34%
BUENAVC1	S/.	102.8996	76	-30%
TEF	$	45.35	44.34	-2%
ATACOI1	S/.	1.775604	1.39	-24%
EDEGELC1	S/.	1.22098	1.4316	16%
MINSURI1	S/.	9.368313	7.8152	-18%

* Rendimiento expresado en términos trimestrales.

ANEXO 47

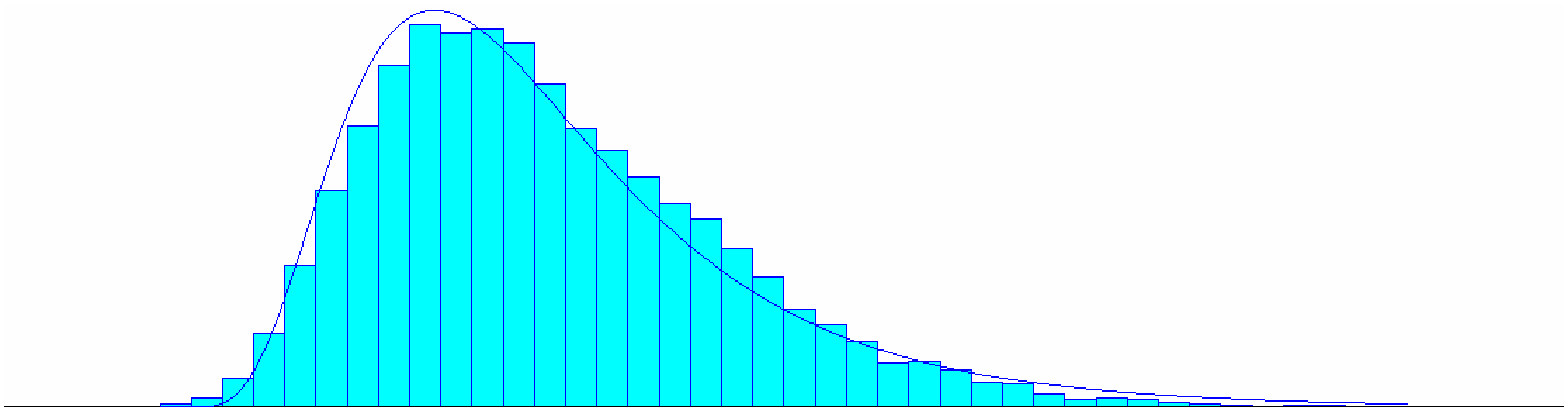
Evolución del tipo de cambio bancario promedio (S/. / $)



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas
Elaboración Propia

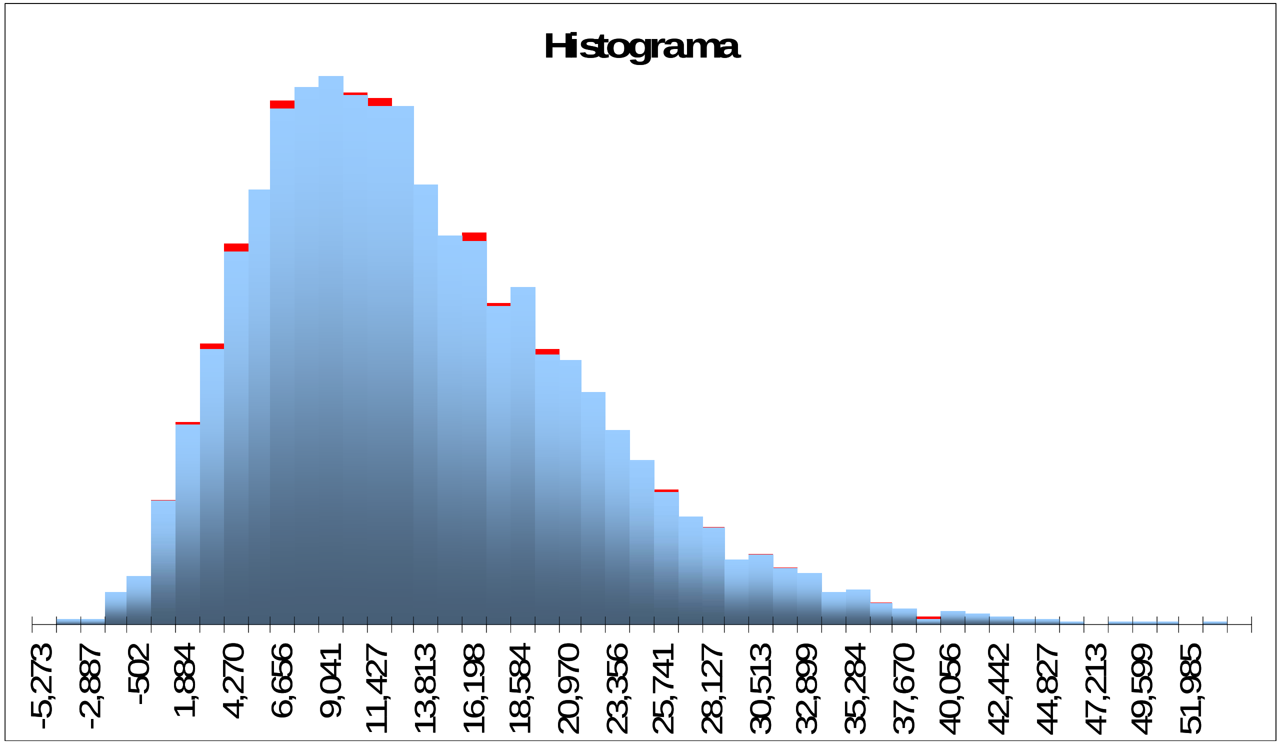
ANEXO 48

Comparación entre histograma de utilidades del portafolio y distribución lognormal



ANEXO 49

Efecto del tipo de cambio en el histograma de utilidades del portafolio



ANEXO 50

Mínima y máxima utilidad por estrategia de portafolios de opciones y de acciones

Nemonico	Moneda	Portafolio de Opciones			Portafolio de Acciones		
		Estrategia	Máxima Ganancia Unitaria*	Máxima Pérdida Unitaria*	Estrategia	Máxima Ganancia Unitaria*	Máxima Pérdida Unitaria*
GRAMONC1	S/.	Compra acción	0.22	-0.15	Compra	0.22	-0.15
CPACASC1	S/.	Venta en corto	0.1	-0.13	Venta en Corto	0.10	-0.13
CONTINC1	S/.	Compra call	0.19	-0.02	Compra	0.37	-0.30
CVERDEC1	$	Escribir call	0.11	-1.18	Venta en Corto	1.38	-2.17
MILPOC1	S/.	Compra put	3.58	-0.62	Venta en Corto	5.95	-8.29
BAP	$	Escribir put	0.51	-1.75	Compra	2.57	-2.16
LUSURC1	S/.	Covered Call	0.27	-0.32	Compra	0.42	-0.33
CORAREI1	S/.	Protective Put	0.7	-0.29	Compra	0.72	-0.49
BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	0.11	-0.09	Compra	0.34	-0.27
VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	0.1	-0.05	Venta en Corto	0.28	-0.38
BUENAVC1	S/.	Collar	8.96	-6.04	Compra	39.02	-27.46
TEF	$	Butterfly	2.38	-0.62	Compra	9.51	-7.54
ATACOI1	S/.	Starddle	0.45	-0.24	Compra	0.70	-0.49
EDEGELC1	S/.	Strap	0.26	-0.1	Compra	0.20	-0.16
MINSURI1	S/.	Strip	2.12	-1.26	Venta en Corto	2.00	-2.60

* Valores calculados en base a escenarios con 95% de probabilidad de ocurrencia

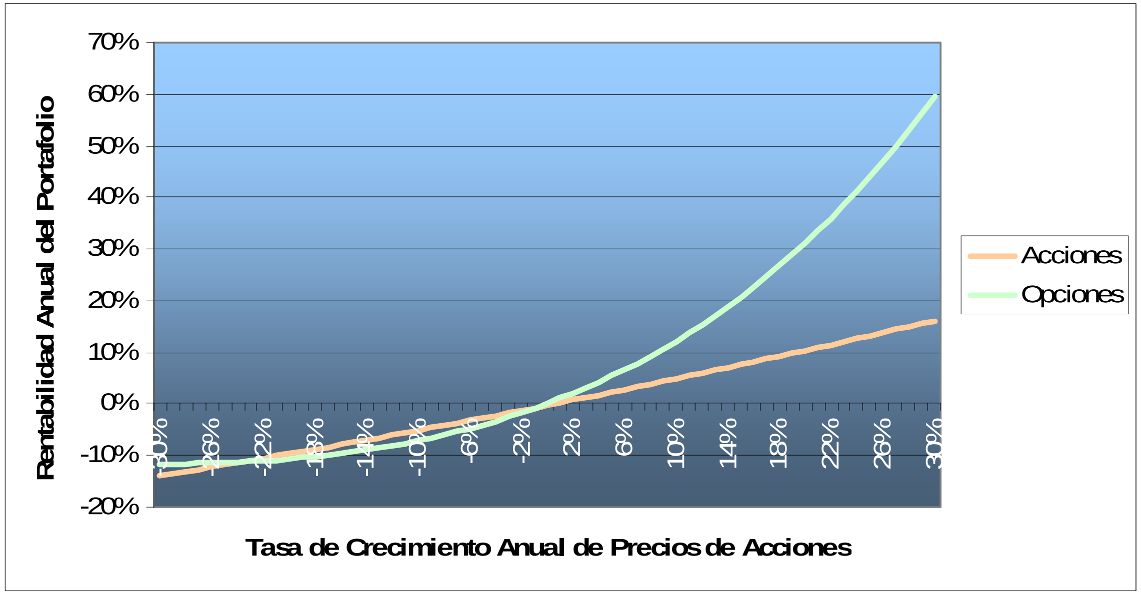
ANEXO 51

Número de posiciones por estrategia de portafolios de opciones y de acciones

Nemónico	Portafolio de Opciones	Portafolio de Acciones	Número de Opcoines por cada Acción
GRAMONC1	6,700	10,271	0.7
CPACASC1	7,700	2,630	2.9
CONTINC1	50,000	1,768	28.3
CVERDEC1	200	433	0.5
MILPOC1	1,600	247	6.5
BAP	200	96	2.1
LUSURC1	3,100	1,017	3.0
CORAREI1	3,400	3,397	1.0
BACKUSI1	11,100	4,008	2.8
VOLCABC1	20,000	4,793	4.2
BUENAVC1	200	57	3.5
TEF	500	28	17.8
ATACOI1	4,200	3,104	1.4
EDEGELC1	10,000	3,013	3.3
MINSURI1	800	552	1.4
PROMEDIO			5.3

ANEXO 52

Rentabilidad de los portafolios con diferentes tasas de crecimiento de precios de acciones



ANEXO 53

Volatilidad del 2do y 3er trimestre, y pronóstico de volatilidad del 3er trimestre

NEMÓNICO	VOLATILIDAD 2DO TRIMESTRE	PRONÓSTICO DE VOLATILIDAD 3ER TRIMESTRE	VOLATILIDAD 3ER TRIMESTRE
ATACOI1	51.89%	43.47%	29.84%
BACKUSI1	35.68%	28.26%	20.44%
BAP	18.50%	18.62%	11.67%
BUENAVC1	47.60%	43.97%	29.35%
CONTINC1	18.74%	13.68%	12.82%
CORAREI1	49.15%	47.93%	33.40%
CPACASC1	5.65%	6.53%	8.75%
CVERDEC1	65.08%	61.87%	31.26%
EDEGELC1	14.22%	13.18%	12.44%
GRAMONC1	45.28%	44.38%	34.67%
LUSURC1	8.51%	8.72%	5.03%
MILPOC1	41.37%	41.05%	27.57%
MINSURI1	34.76%	29.73%	15.16%
TEF	21.27%	20.48%	15.94%
VOLCABC1	52.36%	37.26%	40.96%
PROMEDIO	34.00%	30.61%	21.95%

ANEXO 54

Efecto del error del pronóstico de la volatilidad en los precios de las opciones

Transacción	Nemónico	Moneda	Estrategia	Instrumento	Posición	Precio Inicial Acción	Precio de Ejercicio	Precio con Volatilidad Pronosticada	Precio con Volatilidad Real	Número de Posiciones	Desembolso Volatilidad Pronosticada	Desembolso Volatilidad Pronosticada (S/.)	Desembolso Volatilidad Real	Desembolso Volatilidad Real (S/.)	Pago en Exceso (S/.)
1	CONTINC1	S/.	Compra call	Call	Compra	S/. 2.44	S/. 2.60	S/. 0.02	S/. 0.02	50,000	S/. 1,000	S/. 1,000	S/. 1,000	S/. 1,000	S/. 0
2	CVERDEC1	$	Escribir call	Call	Venta	$ 2.87	$ 3.75	$ 0.11	$ 0.01	200	-$ 22	-S/. 76	-$ 2	-S/. 7	-S/. 69
3	MILPOC1	S/.	Compra put	Put	Compra	S/. 17.50	S/. 15.75	S/. 0.62	S/. 0.27	1,600	S/. 992	S/. 992	S/. 432	S/. 432	S/. 560
4	BAP	$	Escribir put	Put	Venta	$ 12.90	$ 13.00	$ 0.51	$ 0.33	200	-$ 102	-S/. 354	-$ 66	-S/. 229	-S/. 125
5	LUSURC1	S/.	Covered Call	Call	Venta	S/. 4.24	S/. 4.50	S/. 0.01	S/. 0.01	3,100	-S/. 31	-S/. 31	-S/. 31	-S/. 31	S/. 0
6	CORAREI1	S/.	Protective Put	Put	Compra	S/. 1.27	S/. 1.00	S/. 0.02	S/. 0.01	3,400	S/. 68	S/. 68	S/. 34	S/. 34	S/. 34
7	BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	Call	Compra	S/. 1.08	S/. 1.00	S/. 0.11	S/. 0.10	11,100	S/. 1,221	S/. 1,221	S/. 1,110	S/. 1,110	S/. 111
8	BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	Call	Venta	S/. 1.08	S/. 1.20	S/. 0.02	S/. 0.01	11,100	-S/. 222	-S/. 222	-S/. 111	-S/. 111	-S/. 111
9	VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	Put	Venta	S/. 0.90	S/. 0.75	S/. 0.01	S/. 0.02	20,000	-S/. 200	-S/. 200	-S/. 400	-S/. 400	S/. 200
10	VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	Put	Compra	S/. 0.90	S/. 0.90	S/. 0.06	S/. 0.07	20,000	S/. 1,200	S/. 1,200	S/. 1,400	S/. 1,400	-S/. 200
11	BUENAVC1	S/.	Collar	Put	Compra	S/. 76.00	S/. 70.00	S/. 3.64	S/. 1.77	200	S/. 728	S/. 728	S/. 354	S/. 354	S/. 374
12	BUENAVC1	S/.	Collar	Call	Venta	S/. 76.00	S/. 85.00	S/. 3.60	S/. 1.64	200	-S/. 720	-S/. 720	-S/. 328	-S/. 328	-S/. 392
13	TEF	$	Butterfly	Call	Compra	$ 44.34	$ 44.00	$ 2.05	$ 1.66	500	$ 1,025	S/. 3,558	$ 830	S/. 2,881	S/. 677
14	TEF	$	Butterfly	Call	Venta	$ 44.34	$ 47.00	$ 0.87	$ 0.53	500	-$ 435	-S/. 1,510	-$ 265	-S/. 920	-S/. 590
15	TEF	$	Butterfly	Call	Venta	$ 44.34	$ 47.00	$ 0.87	$ 0.53	500	-$ 435	-S/. 1,510	-$ 265	-S/. 920	-S/. 590
16	TEF	$	Butterfly	Call	Compra	$ 44.34	$ 50.00	$ 0.30	$ 0.12	500	$ 150	S/. 521	$ 60	S/. 208	S/. 312
17	ATACOI1	S/.	Starddle	Call	Compra	S/. 1.39	S/. 1.40	S/. 0.12	S/. 0.08	4,200	S/. 504	S/. 504	S/. 336	S/. 336	S/. 168
18	ATACOI1	S/.	Starddle	Put	Compra	S/. 1.39	S/. 1.40	S/. 0.12	S/. 0.08	4,200	S/. 504	S/. 504	S/. 336	S/. 336	S/. 168
19	EDEGELC1	S/.	Strap	Call	Compra	S/. 1.43	S/. 1.45	S/. 0.03	S/. 0.03	10,000	S/. 300	S/. 300	S/. 300	S/. 300	S/. 0
20	EDEGELC1	S/.	Strap	Call	Compra	S/. 1.43	S/. 1.45	S/. 0.03	S/. 0.03	10,001	S/. 300	S/. 300	S/. 300	S/. 300	S/. 0
21	EDEGELC1	S/.	Strap	Put	Compra	S/. 1.43	S/. 1.45	S/. 0.04	S/. 0.04	10,000	S/. 400	S/. 400	S/. 400	S/. 400	S/. 0
22	MINSURI1	S/.	Strip	Call	Compra	S/. 7.82	S/. 7.50	S/. 0.66	S/. 0.46	800	S/. 528	S/. 528	S/. 368	S/. 368	S/. 160
23	MINSURI1	S/.	Strip	Put	Compra	S/. 7.82	S/. 7.50	S/. 0.29	S/. 0.09	799	S/. 232	S/. 232	S/. 72	S/. 72	S/. 160
24	MINSURI1	S/.	Strip	Put	Compra	S/. 7.82	S/. 7.50	S/. 0.29	S/. 0.09	800	S/. 232	S/. 232	S/. 72	S/. 72	S/. 160
Total Compras												S/. 12,287		S/. 9,603	S/. 2,684
Total Ventas												S/. 4,623		S/. 2,946	S/. 1,678
Compras - Ventas												S/. 7,664		S/. 6,657	S/. 1,007

ANEXO 55

Limite de pérdidas y ganancias por estrategia

Nemonico	Moneda	Estrategia	Máxima Pérdida	Máxima Ganancia	Utilidad Unitaria	Estrategia Limita Ganancia / Pérdida	Limitado con precios reales
GRAMONC1	S/.	Compra acción			0.17	No aplica	No aplica
CPACASC1	S/.	Venta en corto			-0.09	No aplica	No aplica
CONTINC1	S/.	Compra call	-0.02		0.13	Pérdida	No limitado
CVERDEC1	$	Escribir call		0.19	-0.19	Ganancia	No limitado
MILPOC1	S/.	Compra put	-0.62		-0.62	Pérdida	Pérdida limitada
BAP	$	Escribir put		3.58	0.51	Ganancia	Ganancia limitada
LUSURC1	S/.	Covered Call		0.51	0.18	Ganancia	No limitado
CORAREI1	S/.	Protective Put	-0.29		0.56	Pérdida	No limitado
BACKUSI1	S/.	Call Bull Spread	-0.09	0.70	-0.08	Ambos	No limitado
VOLCABC1	S/.	Put Bear Spread	-0.05	0.11	-0.05	Ambos	Pérdida limitada
BUENAVC1	S/.	Collar	-6.04	0.10	1.56	Ambos	No limitado
TEF	$	Butterfly	-0.62		0.12	Pérdida	No limitado
ATACOI1	S/.	Starddle			-0.03	No aplica*	No aplica
EDEGELC1	S/.	Strap			0.26	No aplica*	No aplica
MINSURI1	S/.	Strip			-0.24	No aplica*	No aplica

* Máxima pérdida está limitada, pero sólo se da para un único precio

ANEXO 56

Resultados del portafolio equivalente de acciones

Nemonico	Estrategia en Portafolio de Acciones	Tipo de Estrategia	Estrategia	Precio Inicial	Precio Final	Utilidad Unitaria	Utilidad Unitaria (S/.)	Desembolso	Precio Actual (S/.)	Número de Posiciones	Utilidad Total
GRAMONC1	Compra acción	Alcista	Compra acción	S/. 0.42	S/. 0.59	S/. 0.17	S/. 0.17	S/. 2,876	S/. 0.42	6,848	S/. 1,164
CPACASC1	Venta en corto	A la baja	Venta en corto	S/. 1.64	S/. 1.73	S/. (0.09)	S/. (0.09)	S/. 2,876	S/. 1.64	1,754	S/. (158)
CONTINC1	Compra call	Alcista	Compra acción	S/. 2.44	S/. 2.75	S/. 0.31	S/. 0.31	S/. 2,876	S/. 2.44	1,179	S/. 365
CVERDEC1	Escribir call	A la baja	Venta en corto	$ 2.87	$ 4.05	$ (1.18)	S/. (3.94)	S/. 2,876	S/. 9.59	300	S/. (1,183)
MILPOC1	Compra put	A la baja	Venta en corto	S/. 17.50	S/. 23.10	S/. (5.60)	S/. (5.60)	S/. 2,876	S/. 17.50	164	S/. (918)
BAP	Escribir put	Alcista	Compra acción	$ 12.90	$ 14.13	$ 1.23	S/. 4.11	S/. 2,876	S/. 43.11	67	S/. 275
LUSURC1	Covered Call	Alcista	Compra acción	S/. 4.24	S/. 4.41	S/. 0.17	S/. 0.17	S/. 2,876	S/. 4.24	678	S/. 115
CORAREI1	Protective Put	Alcista	Compra acción	S/. 1.27	S/. 1.85	S/. 0.58	S/. 0.58	S/. 2,876	S/. 1.27	2,265	S/. 1,314
BACKUSI1	Call Bull Spread	Alcista	Compra acción	S/. 1.08	S/. 1.01	S/. (0.07)	S/. (0.07)	S/. 2,876	S/. 1.08	2,672	S/. (177)
VOLCABC1	Put Bear Spread	A la baja	Venta en corto	S/. 0.90	S/. 1.02	S/. (0.12)	S/. (0.12)	S/. 2,876	S/. 0.90	3,196	S/. (384)
BUENAVC1	Collar	Alcista	Compra acción	S/. 76.00	S/. 77.60	S/. 1.60	S/. 1.60	S/. 2,876	S/. 76.00	38	S/. 61
TEF	Butterfly	Ninguno	Compra acción	$ 44.34	$ 44.73	$ 0.39	S/. 1.30	S/. 2,876	S/. 148.18	19	S/. 25
ATACOI1	Starddle	Ninguno	Compra acción	S/. 1.39	S/. 1.61	S/. 0.22	S/. 0.22	S/. 2,876	S/. 1.39	2,069	S/. 455
EDEGELC1	Strap	Alcista	Compra acción	S/. 1.43	S/. 1.63	S/. 0.20	S/. 0.20	S/. 2,876	S/. 1.43	2,009	S/. 399
MINSURI1	Strip	A la baja	Venta en corto	S/. 7.82	S/. 8.50	S/. (0.68)	S/. (0.68)	S/. 2,876	S/. 7.82	368	S/. (252)
Total								S/. 43,140			S/. 1,101

ANEXO 57

Comparación de utilidades entre portafolio de opciones y portafolio de acciones

Nemonico	Portafolio de Opciones			Portafolio de Acciones			Diferencia
	Utilidad Unitaria (S/.)	Número de Posiciones	Utilidad Total (S/.)	Utilidad Unitaria (S/.)	Número de Posiciones	Utilidad Total (S/.)	
GRAMONC1	S/. 0.17	6,700	S/. 1,139	S/. 0.17	6,848	S/. 1,164	S/. (25)
CPACASC1	S/. (0.09)	7,700	S/. (693)	S/. (0.09)	1,754	S/. (158)	S/. (535)
CONTINC1	S/. 0.13	50,000	S/. 6,500	S/. 0.31	1,179	S/. 365	S/. 6,135
CVERDEC1	S/. (0.63)	200	S/. (127)	S/. (3.94)	300	S/. (1,183)	S/. 1,056
MILPOC1	S/. (0.62)	1,600	S/. (992)	S/. (5.60)	164	S/. (918)	S/. (74)
BAP	S/. 1.70	200	S/. 341	S/. 4.11	67	S/. 275	S/. 65
LUSURC1	S/. 0.18	3,100	S/. 558	S/. 0.17	678	S/. 115	S/. 443
CORAREI1	S/. 0.56	3,400	S/. 1,904	S/. 0.58	2,265	S/. 1,314	S/. 590
BACKUSI1	S/. (0.08)	11,100	S/. (888)	S/. (0.07)	2,672	S/. (177)	S/. (711)
VOLCABC1	S/. (0.05)	20,000	S/. (1,000)	S/. (0.12)	3,196	S/. (384)	S/. (616)
BUENAVC1	S/. 1.56	200	S/. 312	S/. 1.60	38	S/. 61	S/. 251
TEF	S/. 0.40	500	S/. 201	S/. 1.30	19	S/. 25	S/. 176
ATACOI1	S/. (0.03)	4,200	S/. (126)	S/. 0.22	2,069	S/. 455	S/. (581)
EDEGELC1	S/. 0.26	10,000	S/. 2,600	S/. 0.20	2,009	S/. 399	S/. 2,201
MINSURI1	S/. (0.24)	800	S/. (192)	S/. (0.68)	368	S/. (252)	S/. 60
Total			S/. 9,536			S/. 1,101	S/. 8,435