



Universidad de  
**San Andrés**

Universidad de San Andrés  
Departamento de Economía  
Licenciatura en Economía

***Análisis de la estrategia CBOE S&P 500  
PutWrite Index en mercados  
desarrollados y emergentes***

Autor: Joaquín Molczadzki  
Legajo: 23178  
Mentor: Dr. Gabriel Basaluzzo

Victoria, Provincia de Buenos Aires, mayo 2017

## Índice

I.	Resumen .....	2
II.	Motivación.....	2
	Relevancia del Trabajo .....	2
	Cuestiones sin resolver y Contribución .....	5
III.	Marco Teórico .....	6
	Opciones.....	6
	Características Generales .....	6
	Rentabilidad de las posiciones básicas en opciones.....	8
	Valor de una opción.....	11
	Valoración de Opciones.....	13
	Factores que influyen en el precio de las opciones.....	14
	Volatilidad en Opciones.....	20
	Estrategia PutWrite .....	21
	CBOE S&P 500 PutWrite Index .....	23
	Revisión de la Literatura.....	28
	Índices de Volatilidad .....	29
	VIX.....	30
IV.	Rentabilidad del CBOE S&P 500 PutWrite Index.....	34
	Fuentes de Rentabilidad.....	37
	Riesgos asociados .....	44
V.	Brasil .....	46
	¿Por qué Brasil?.....	46
	Mercado Brasileño .....	47
	Calculo Volatilidad Implícita Índice Bovespa.....	49
	Volatilidad Implícita – Volatilidad Real.....	50
VI.	Conclusión .....	52
VII.	Bibliografía.....	54
VIII.	Anexo.....	56
	A) Regresión entre el volumen de opciones sobre el índice S&P 500 (destendenciado) y el VIX.....	56
	B) Diferencia entre el beneficio acumulado índice S&P 500 vs índice PUT. ....	57
	C) Regresión entre la Prima de las opciones PUT y el VIX. ....	58

## I. Resumen

*En este trabajo, se busca determinar la performance que tiene la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index en un mercado emergente. Para ello, se toma al mercado brasileño como referencia de un mercado en vías de desarrollo y al mercado estadounidense como un mercado desarrollado.*

*A partir del análisis de las características de la estrategia, entre ellas, las fuentes de rentabilidad y los riesgos asociados, se identifica que el principal factor que determina la performance de la estrategia es la diferencia entre la volatilidad implícita y la volatilidad realizada. Por lo tanto, para evaluar la performance en el mercado emergente, se calcula la volatilidad implícita del mercado brasileño y se la compara con la volatilidad realizada del índice Bovespa.*

*Finalmente se concluye que la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index tendría una mejor performance en el mercado emergente que en el mercado desarrollado dado que la diferencia entre las volatilidades es mayor en el mercado brasileño que en el mercado norteamericano. Más específicamente, la diferencia entre la volatilidad implícita y realizada en el mercado brasileño fue de 5,8 puntos porcentuales mientras que en el mercado desarrollado fue de 3,12 puntos.*

*El trabajo presenta dos aspectos innovadores: analizar el rendimiento potencial de estrategias PutWrite en mercados emergentes y estimar el índice de volatilidad implícita del índice Bovespa.*

## II. Motivación

### Relevancia del Trabajo

En la actualidad, los mercados de derivados juegan un rol fundamental en la economía mundial. La búsqueda de los inversores, por nuevas fuentes de rentabilidad y métodos para asegurar sus portafolios contra los riesgos de mercado, ha llevado a la expansión de este nuevo sector.

Los derivados son llamados así porque no son activos puros, sino que son instrumentos que obligan u otorgan el derecho a su poseedor de comprar o vender un

activo en algún tiempo futuro y su precio depende del precio de este activo subyacente. Los contratos se negocian en dos ámbitos diferentes: los mercados organizados y los mercados no institucionalizados, también conocidos como Over the Counter (OTC).

Históricamente, los mercados de derivados eran mercados OTC, donde los contratos se negociaban de forma bilateral y el riesgo de incumplimiento era asumido por ambas partes<sup>1</sup>.

En cambio, en los mercados institucionalizados los términos de los contratos están estandarizados y las partes únicamente negocian el precio de los mismos. Las transacciones son de público conocimiento y se desarrollan en un ámbito determinado donde los compradores y vendedores negocian bajo reglas establecidas por el mismo mercado. La principal innovación de los mercados organizados es la existencia de una cámara de compensación que se interpone entre ambas partes y que asume todos los riesgos de contrapartida del mercado.

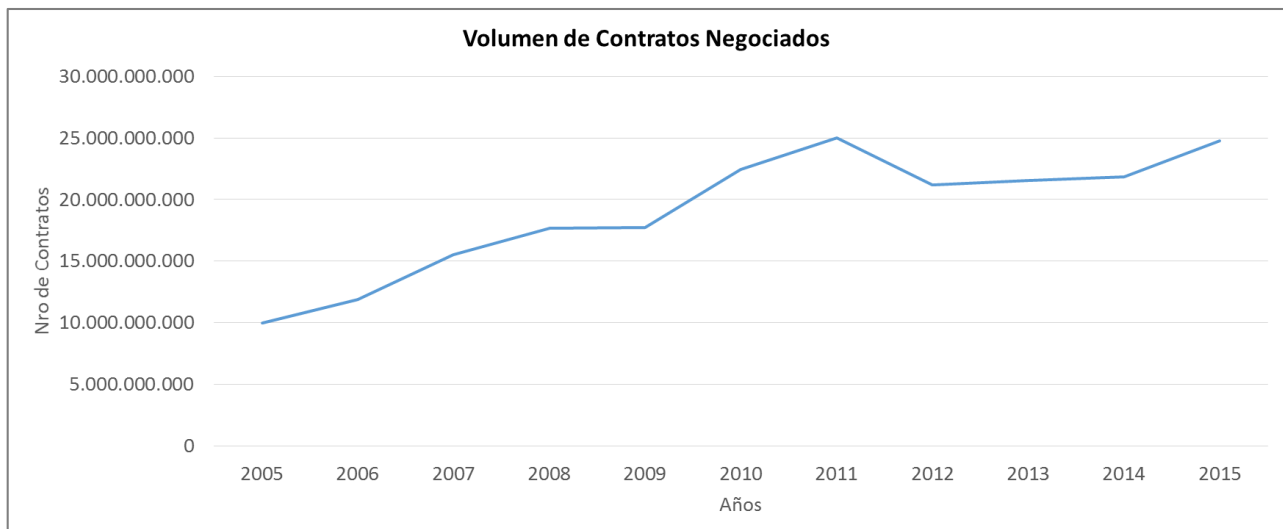
En los últimos años, los mercados de derivados han tenido un gran crecimiento. Desde 2005 al 2015, el volumen de este tipo de contratos negociados ha crecido cerca del 150% (un poco menos de 10 mil millones de contratos en 2005 a cerca de 25 mil millones en 2015<sup>2</sup>).

Esta expansión se la puede dividir en dos etapas: la primera de 2005 al 2011 donde los mercados de derivados crecieron a un ritmo casi lineal y la segunda de 2012 al 2015, donde los mercados se han mantenido constantes. En el siguiente gráfico se puede observar el crecimiento del volumen de contratos negociados en el mercado de derivados desde enero de 2005 a diciembre de 2015.

---

<sup>1</sup> Lamothe Fernandez, P. (1993). Opciones Financieras, un enfoque fundamental. Mc Graw Hill.

<sup>2</sup> Fuente: Market Voice - 2015 Annual Survey: Global Derivatives Volume



Los principales instrumentos que se negocian en los mercados de derivados son: *Forwards*, Futuros, *Swaps* y Opciones<sup>3</sup>. Según Picolla, G. (2008)<sup>4</sup>, un contrato *Forward* es un acuerdo entre dos partes en el cual una de ellas se compromete a comprar y la otra a vender un determinado activo en un momento futuro (se negocian en forma privada). Por otro lado, “un contrato de Futuros es similar al de un *Forward* con la diferencia que los términos del contrato están estandarizados y que se negocian en un mercado institucionalizado”<sup>5</sup>. Los *Swaps*, en cambio, son acuerdos para intercambiar flujos de fondos en el futuro, en forma periódica durante la vida del acuerdo<sup>6</sup>. Por último, las opciones son “contratos por el cual el comprador adquiere el derecho a comprar, o a vender un activo subyacente a un precio determinado, durante un tiempo, a cambio del pago de una prima”<sup>7</sup>. En este trabajo me voy a enfocar en analizar este último instrumento.

Los contratos de opción son una de las piezas fundamentales de un mercado financiero moderno. La idea más generalizada es que las opciones tienen una vida corta y que constituyen uno de los elementos más representativos del proceso de innovación financiera.

El mercado de opciones está compuesto por la compra – venta de opciones sobre distintos tipos de subyacentes (acciones, divisas, índices bursátiles, tipos de interés, etc). Como voy a explicar en las próximas secciones, las opciones están divididas en dos

<sup>3</sup> Picolla, G. (2008). Mercado de Derivados. Revista Opciones. Vol 2, Nro 4.

<sup>4</sup> Picolla, G. (2008). Mercado de Derivados. Revista Opciones. Vol 2, Nro 4.

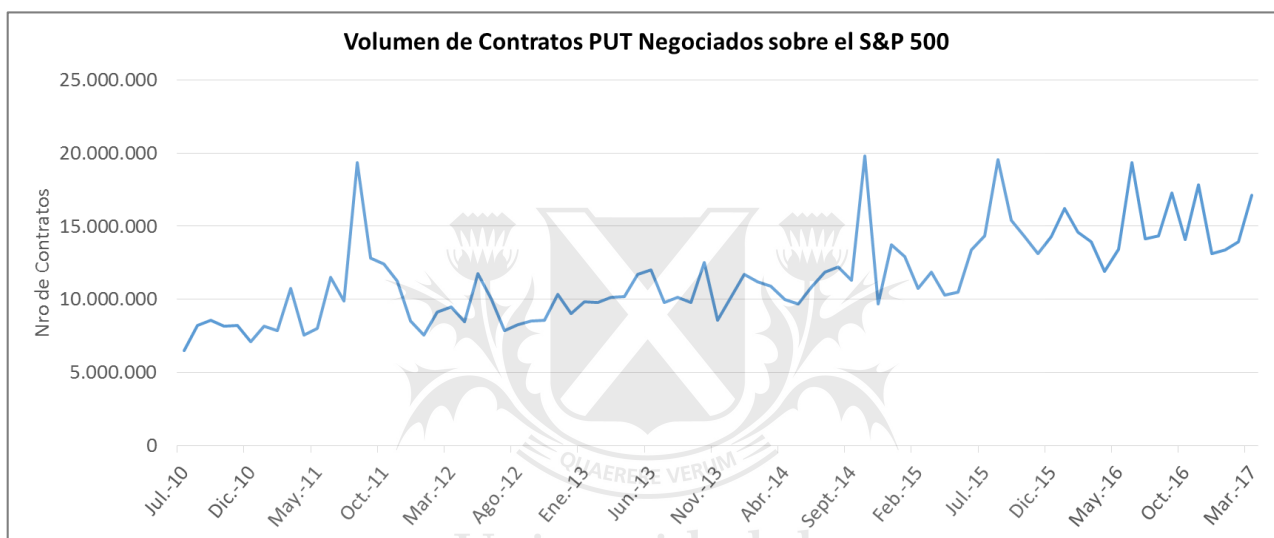
<sup>5</sup> Picolla, G. (2008). Mercado de Derivados. Revista Opciones. Vol 2, Nro 4.

<sup>6</sup> Picolla, G. (2008). Mercado de Derivados. Revista Opciones. Vol 2, Nro 4.

<sup>7</sup> Picolla, G. (2008). Mercado de Derivados. Revista Opciones. Vol 2, Nro 4.

categorías, las opciones de compra (CALL), dan a su propietario el derecho a comprar un activo a un precio determinado en una fecha establecida y las opciones de venta (PUT), dan a su titular el derecho de vender un activo a un precio conocido en una fecha determinada<sup>8</sup>.

En los últimos años, el mercado de opciones put sobre el índice S&P 500 ha tenido una gran expansión. Desde julio de 2010 a marzo de 2017 el volumen negociado tuvo un aumento del 164% (de 6,5 millones de opciones negociadas en julio 2010 a 17,1 millones en Marzo 2017<sup>9</sup>).



El crecimiento e importancia que está tomando este mercado en la economía mundial, sumado a la aparente elevada rentabilidad de operar con este tipo de instrumento sofisticado, fue lo que llamó mi atención y me motivó a estudiar el mercado de opciones put y en especial una estrategia de inversión que se basa en la utilización de este tipo de contratos, como la CBOE S&P 500 PutWrite Index (PUT).

### Cuestiones sin resolver y Contribución

A pesar del gran crecimiento que ha tenido tanto el mercado de derivados como el mercado de opciones put, siguen quedando algunas cuestiones sin resolver que en el presente trabajo voy a intentar responder: ¿Cuáles son las fuentes de rentabilidad de la

<sup>8</sup> Hull, J. (2002). Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. Pearson Educación SA. Capítulo 1: "Introducción".

<sup>9</sup> Fuente: CBOE - CBOE Index Volume and Put/Call Ratios (11-01-2006 to present)

estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index? y ¿Cuáles son los riesgos asociados a dicha estrategia?

Lo que busco a partir de estas preguntas es lograr un mayor conocimiento de la estrategia y de su funcionamiento, para poder luego concentrarme en el objetivo principal del trabajo; consistente en responder a la siguiente pregunta: ¿Cuan rentable es implementar esta estrategia de inversión en un mercado en vías de desarrollo?

Por otro lado, un elemento que me ha motivado a realizar este trabajo es que hasta el momento no se ha realizado ningún estudio que analice la rentabilidad de una estrategia de inversión como la CBOE S&P 500 PutWrite Index en un mercado emergente. Por lo tanto, el objetivo final de este trabajo es a analizar la posible performance que tendría una estrategia de estas características en un mercado en vías de desarrollo.

La decisión de analizar un mercado emergente tiene un elemento particular que lo hace llamativo, que es la volatilidad. Como voy a intentar demostrar, uno de los determinantes de la performance de la estrategia es la diferencia entre la volatilidad realizada y la volatilidad implícita. Uno supone que en los mercados en vías de desarrollo la volatilidad suele ser mayor que en un mercado desarrollado, por lo que lleva a pensar que la diferencia entre la volatilidad realizada y la volatilidad implícita podría ser aún mayor que en los mercados desarrollados y por ende la estrategia debería tener una mayor rentabilidad.

### III. Marco Teórico

#### Opciones

##### Características Generales

Antes de comenzar a analizar la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index, voy a repasar en qué consiste el principal instrumento que la compone: las opciones. Para ello, me voy a basar en el trabajo realizado por Lamothe Fernandez (1993)<sup>10</sup>.

**Una opción** se puede definir como un contrato que da derecho a su poseedor a vender o comprar un activo a un precio determinado durante un período o en una fecha prefijada.

---

<sup>10</sup> Lamothe Fernandez, P. (1993). Opciones Financieras, un enfoque fundamental. Mc Graw Hill.

Las opciones que incorporan el derecho de compra se las denominan **opciones CALL**, mientras que las opciones que incorporan el derecho a la venta se las denominan **opciones PUT**. El activo sobre el que se instrumenta la opción se denomina el **activo subyacente**. La fecha especificada en el contrato se conoce como la **fecha de vencimiento**. El precio de compra o de venta garantizado en la opción es el **precio de ejercicio** y el precio de la opción se lo llama **prima**.

Por otra parte, existen dos tipos de opciones: las que se pueden ejercer en cualquier momento desde la fecha de emisión hasta la fecha de vencimiento, se las denomina **opciones americanas**, mientras que las que solo pueden ser ejercidas al momento del vencimiento se les dice **opciones europeas**.

En un contrato de opción, los derechos y obligaciones como también los riesgos son asimétricos entre las posiciones de comprador y de vendedor. El comprador de una opción está adquiriendo el derecho (no la obligación) a comprar o vender en caso de que el precio del activo subyacente cruce el precio de ejercicio durante el periodo fijado. En cambio, el vendedor solo tendrá obligaciones a comprar o vender en caso de que el comprador ejerza la opción. Es por esta razón que el vendedor de la opción obtendrá una recompensa por el riesgo que está asumiendo. Esta compensación se la denomina prima y es el precio de la opción.

Adicionalmente, las opciones pueden clasificarse según el tipo de activo subyacente sobre el que se instrumenta. Los principales activos subyacentes de opciones son: acciones, divisas, tipo de interés, tipos de cambio e índices bursátiles.

Las opciones también pueden clasificarse en tres categorías según su estado: **en dinero** (in the money), **a dinero** (at the money) y **fuera de dinero** (out of the money). Una **opción en dinero** (ITM) es aquella que produce un flujo de caja positivo para el propietario si es ejercida inmediatamente<sup>11</sup>. Las opciones CALL se encuentran ITM cuando el precio del activo subyacente es mayor que el precio de ejercicio, mientras que para las opciones PUT se da cuando el precio de ejercicio es mayor al precio del activo subyacente.

---

<sup>11</sup> Hull, J. (2002). Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. Pearson Educación SA. Capítulo 7: "Funcionamiento de los mercados de opciones".



De modo similar, una **opción a dinero** (ATM) es aquella que produce un flujo de caja igual a cero si es ejercida inmediatamente<sup>12</sup>. Tanto las opciones CALL como las opciones PUT se encuentran en este estado cuando el precio de ejercicio es igual al precio del activo subyacente.

Por último, una **opción fuera del dinero** (OTM) produce un flujo de caja negativo si es ejercida inmediatamente<sup>13</sup>. Las opciones CALL se encuentran OTM cuando el precio del activo subyacente es menor que el precio de ejercicio, mientras que para las opciones PUT se da cuando el precio de ejercicio es menor al del activo subyacente.

### Rentabilidad de las posiciones básicas en opciones

Las opciones son el mejor instrumento para cubrir cualquier riesgo de precios. Con una opción transferimos el riesgo de pérdida, pero mantenemos las posibilidades de beneficio ante una evolución positiva de los precios. Las posiciones básicas que se pueden tomar con una opción son cuatro: Compra de una CALL, compra de una PUT, venta de una CALL y venta de una PUT.

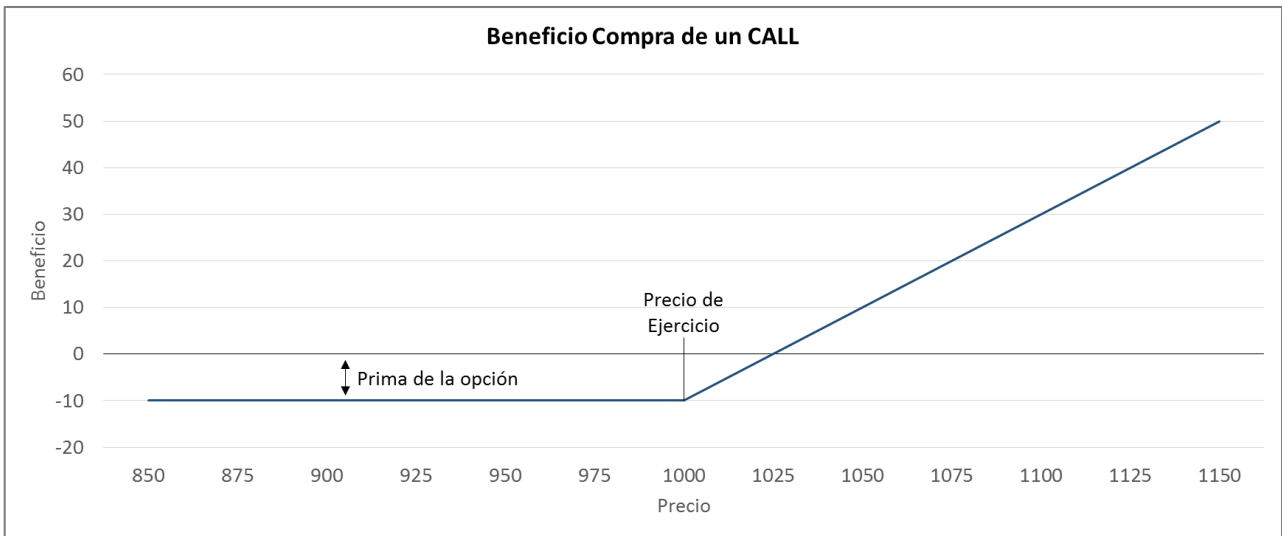
La rentabilidad y el perfil de riesgo para cualquier posición con opciones se pueden representar con un típico gráfico de resultados al vencimiento de una opción. En estos gráficos el eje de ordenadas representa los beneficios/perdidas obtenidas y el eje de abscisas los precios posibles del activo subyacente al vencimiento. La curva resultante me dará el resultado de la posición para cada precio del activo subyacente.

En los cuatro ejemplos el valor de la prima tiene un valor de 10\$ y el precio de ejercicio es igual a 1000\$.

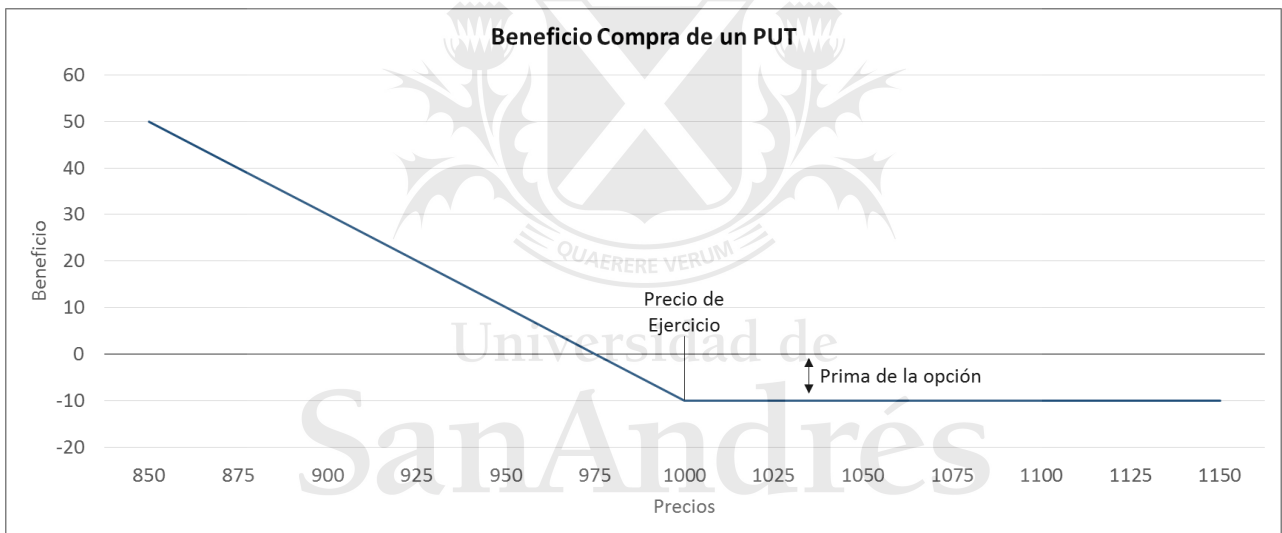
---

<sup>12</sup> Hull, J. (2002). Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. Pearson Educación SA. Capítulo 7: “Funcionamiento de los mercados de opciones”.

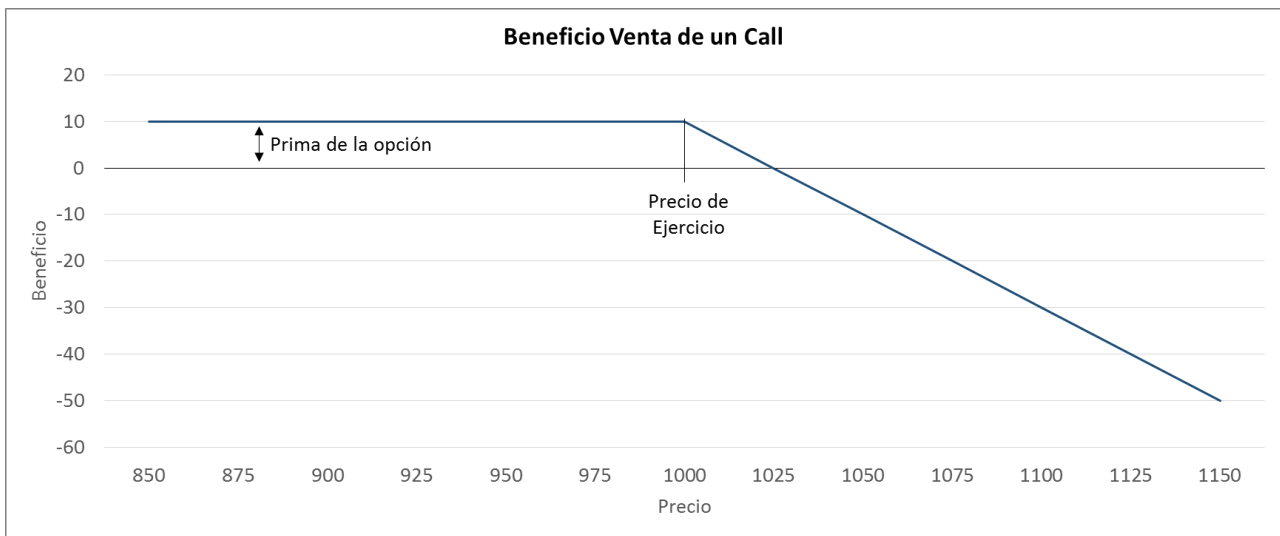
<sup>13</sup> Hull, J. (2002). Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. Pearson Educación SA. Capítulo 7: “Funcionamiento de los mercados de opciones”.



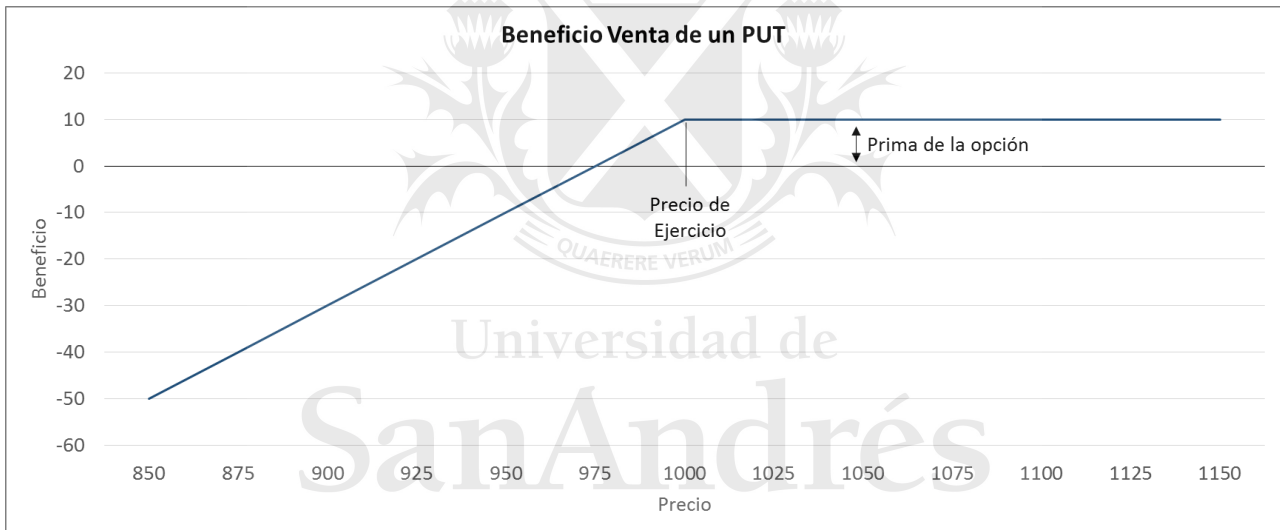
Resultados de la compra de una CALL en función del precio del subyacente.



Resultados de la compra de una PUT en función del precio del subyacente.



Resultados de la venta de una CALL en función del precio del subyacente.



Resultados de la venta de una PUT en función del precio del subyacente.

En los gráficos se puede observar como la exposición al riesgo es opuesta para el comprador y el vendedor de una opción. El comprador limita sus pérdidas al importe de las primas y deja abiertas sus posibilidades de ganancias. Por el contrario, el vendedor limita sus ganancias a la prima, pero se expone a pérdidas ilimitadas, a partir del precio de ejercicio (en una opción CALL) o por debajo del precio de ejercicio (opción PUT).

En definitiva los resultados de las posiciones básicas pueden resumirse a continuación:

Posición	Resultados
Compra de una CALL	MAX [0; precio del activo subyacente – precio de ejercicio] – Prima
Compra de una PUT	MAX [0; precio ejercicio – precio del activo subyacente] – Prima
Venta de una CALL	Prima - MAX [0; precio del activo subyacente – precio de ejercicio]
Venta de una PUT	Prima - MAX [0; precio ejercicio – precio del activo subyacente]

### Valor de una opción

El valor de una opción, es decir la prima, se puede dividir en dos componentes: el valor **intrínseco** y el **valor tiempo**.

El valor intrínseco se puede definir como el valor que tendría una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente.

Para una opción CALL:

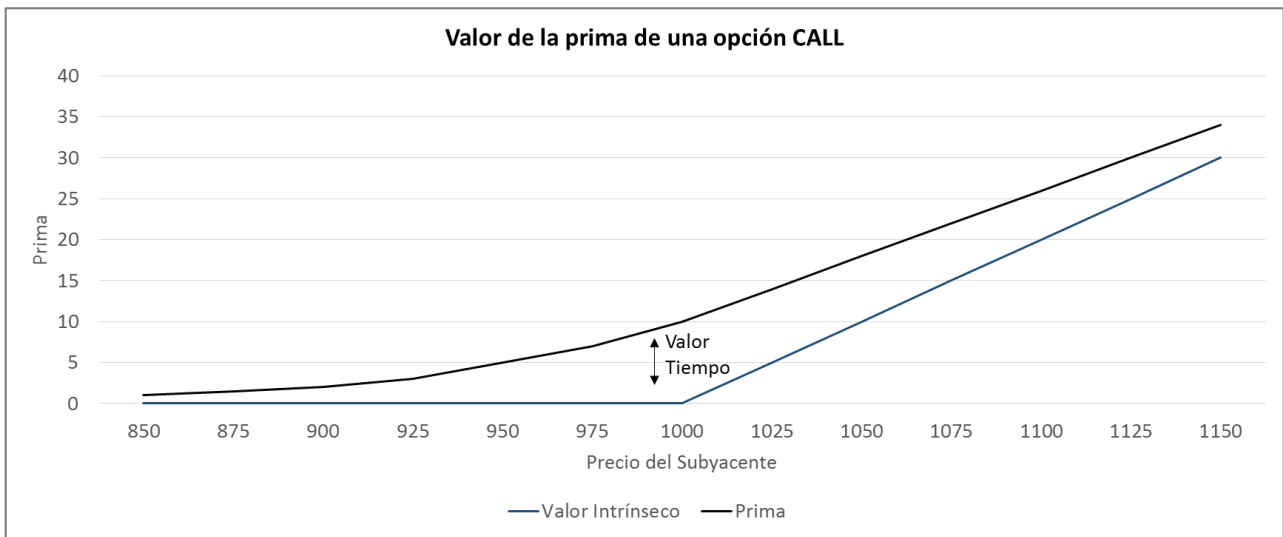
$$\text{Valor intrínseco} = \text{MAX}[0; \text{Precio del Activo Subyacente} - \text{Precio de Ejercicio}]$$

Para una opción PUT:

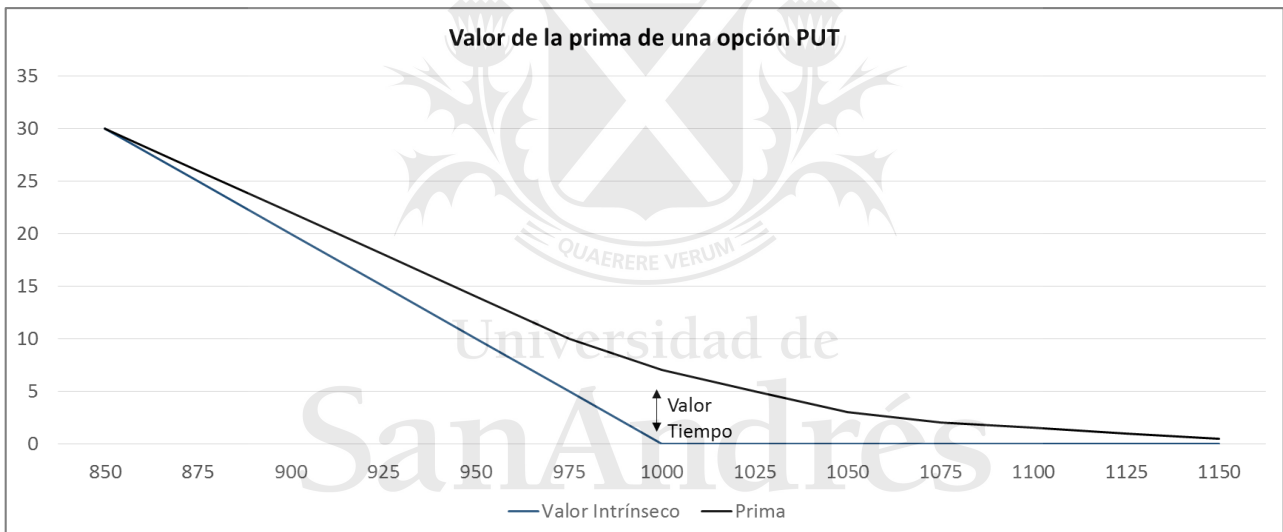
$$\text{Valor intrínseco} = \text{MAX}[0; \text{Precio de Ejercicio} - \text{Precio del Activo Subyacente}]$$

Por otra parte, el comprador de una opción estará dispuesto a pagar un importe superior al valor intrínseco si espera que, hasta el vencimiento de la opción, los precios del activo subyacente puedan modificarse de tal forma que obtenga un beneficio superior a dicho valor. Del mismo modo, el vendedor exigirá una compensación superior al valor intrínseco para cubrirse del riesgo de una eventual alteración de los precios que le suponga una pérdida superior. Esta diferencia entre la prima y el valor intrínseco se la denomina valor tiempo.

$$\text{Valor Tiempo} = \text{Prima} - \text{Valor intrínseco}$$



Valor de la opción CALL (Valor intrínseco y Valor Tiempo).



Valor de la opción PUT (Valor intrínseco y Valor Tiempo).

Como podemos observar en los gráficos el valor intrínseco solo toma valores positivos a partir de precios superiores al precio de ejercicio (para las opciones CALL) o por debajo del precio de ejercicio (para las opciones PUT) y su función es una recta. El valor tiempo, en cambio, viene determinado por la diferencia entre la curva del precio de la prima y la recta del valor intrínseco. En otras palabras, el valor tiempo de una opción es la valoración que hace el mercado de las probabilidades de mayores beneficios con la opción si el movimiento del precio del subyacente es favorable.

## Valoración de Opciones

Uno de los temas más estudiados por la teoría financiera moderna son los modelos de valoración de opciones<sup>14</sup>. En este trabajo voy a analizar uno de los modelos más importantes de esta literatura que es el modelo de Black – Scholes (1973). Este modelo es utilizado para la valoración de opciones Europeas de compra y venta sobre activos subyacentes que no pagan dividendos.

Los supuestos del modelo de Black – Scholes son los siguientes<sup>15</sup>:

- a) El comportamiento del precio de las acciones corresponde al modelo lognormal.
- b) No hay costes de transacción o impuestos. Todos los activos financieros son perfectamente divisibles.
- c) No hay dividendos sobre las acciones durante la vida de la opción.
- d) No hay oportunidades de arbitraje libres de riesgo.
- e) La negociación de valores es continua.
- f) Los inversores pueden pedir prestado o prestar al mismo tipo de interés libre de riesgo, que se devenga continuamente en el tiempo.
- g) El tipo de interés libre de riesgo a corto plazo,  $r$ , es constante.

La fórmula del modelo de valoración de opciones de Black – Scholes es la siguiente<sup>16</sup>:

Valor teórico de una opción CALL:

$$C = S * N(d_1) - E * e^{-rt} * N(d_2)$$

Valor teórico de una opción PUT:

$$P = E * e^{-rt} * N(-d_2) - S * N(-d_1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{LN\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

---

<sup>14</sup> Lamothe Fernandez, P. (1993). Opciones Financieras, un enfoque fundamental. Mc Graw Hill.

<sup>15</sup> Casanova, M., Medina, P., Palazzo, R., Rollandi, G., Mas, M., Rosa, A. (2002). Lecturas 5. Bolsa de Comercio de Rosario, Departamento de Capacitación. Capítulo 3: “Análisis de Volatilidad Implícita”.

<sup>16</sup> Lamothe Fernandez, P. (1993). Opciones Financieras, un enfoque fundamental. Mc Graw Hill.

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

S = Precio del activo subyacente en el momento de la valoración.

E = Precio de ejercicio.

r = Tasa de interés en tiempo continuo.

t = Plazo en años.

$\sigma$  = Volatilidad del precio del subyacente, en términos anuales.

N(i) = Valor de la función de distribución normal para i.

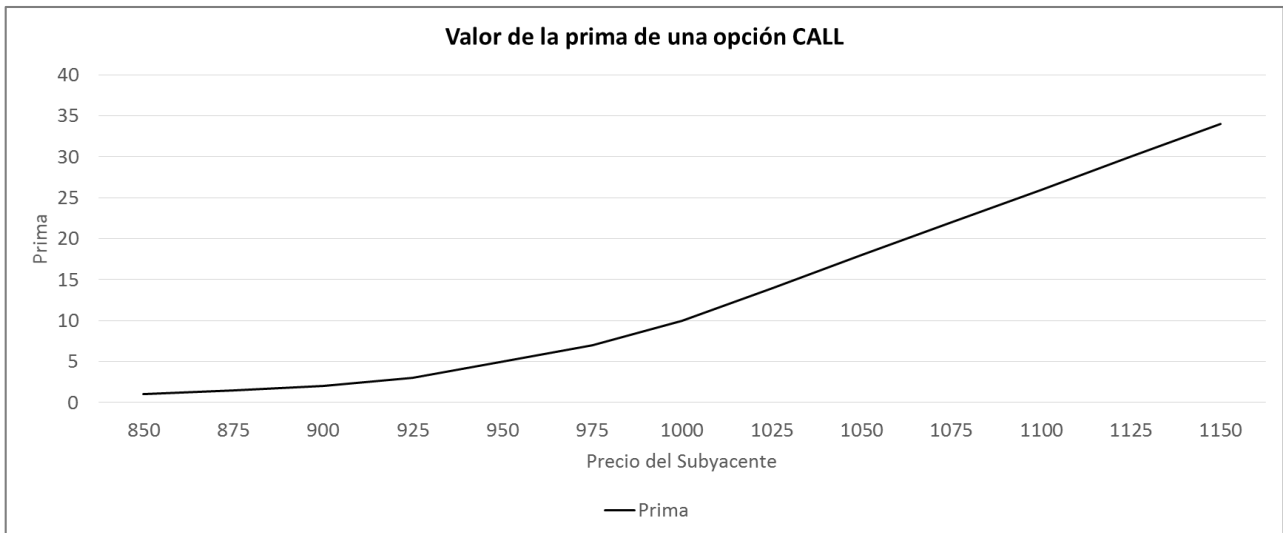
### Factores que influyen en el precio de las opciones

A partir del modelo de Black-Scholes podemos determinar cómo influyen los diferentes factores al precio de una opción. A continuación se puede observar cómo impactan el precio del activo subyacente, la volatilidad del subyacente, la tasa de interés, el plazo y el precio de ejercicio en el precio de la opción CALL y PUT.

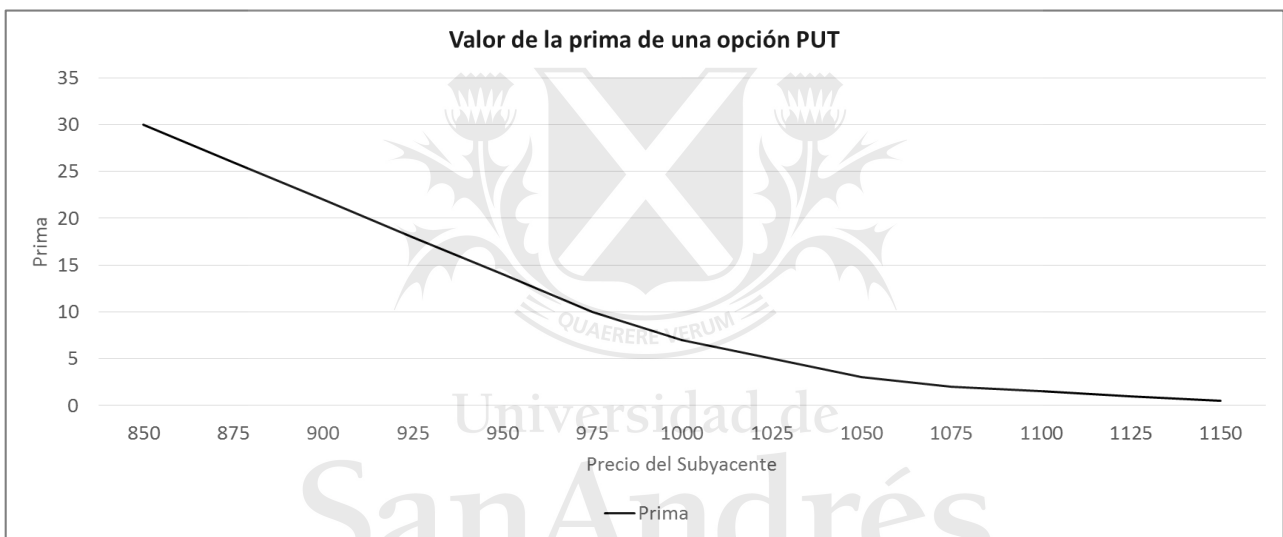
Factor	CALL	PUT
<b>Precio del Activo Subyacente</b>	+	-
<b>Volatilidad</b>	+	+
<b>Tipo de interés</b>	+	-
<b>Plazo</b>	+	+
<b>Precio de Ejercicio</b>	-	+

### **El precio del activo subyacente**

Los movimientos de los precios del activo subyacente tienen una influencia muy clara en el valor de la opción. Las subas del precio del activo subyacente provocan subidas en las primas de las opciones CALL y descensos en las primas de las opciones PUT y las bajadas tienen el efecto contrario. Esto puede explicarse debido a que una suba del precio del subyacente aumentará el valor intrínseco de las opciones CALL y reducirá el valor intrínseco de las opciones PUT.



Valor de una opción CALL en función del precio del activo subyacente.

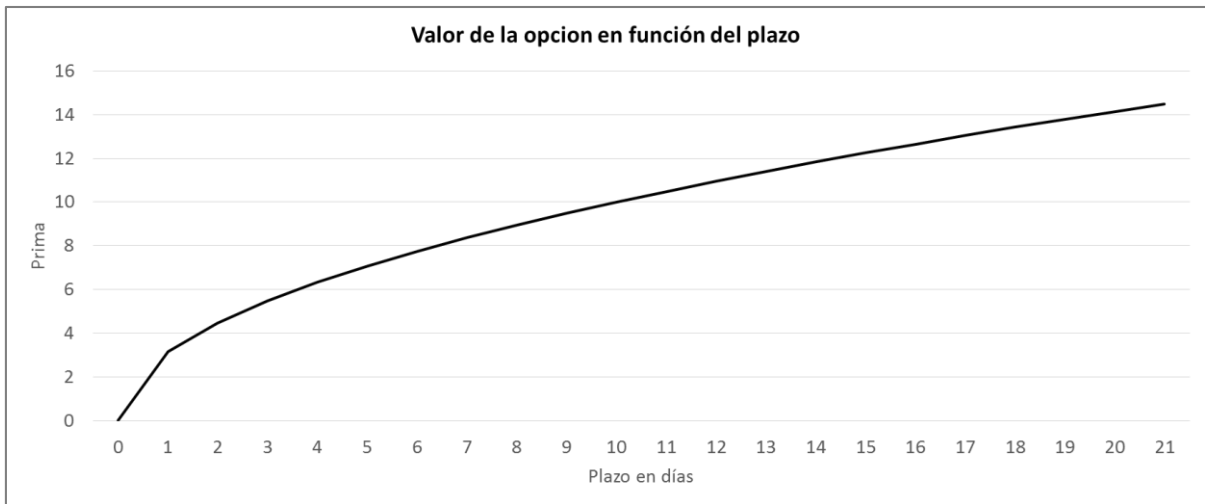


Valor de una opción PUT en función del precio del activo subyacente.

### Plazo

El efecto que tiene el plazo sobre el valor de una opción es positivo, es decir, a mayor plazo, el valor de la opción será mayor, dado que el valor tiempo de la opción aumentará. Este efecto se puede observar en el gráfico a continuación:

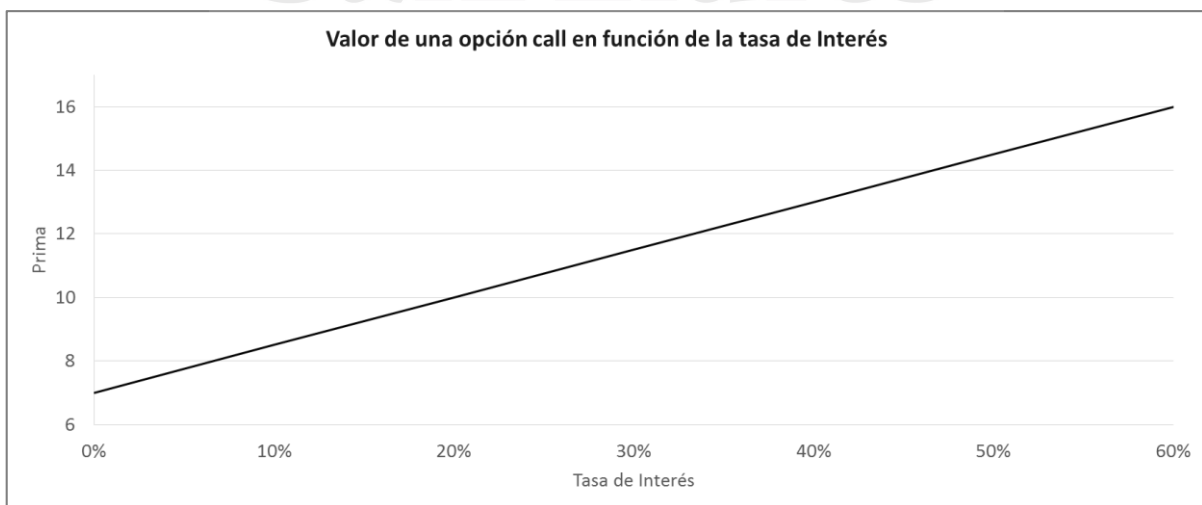




Valor de una opción en función del plazo hasta el vencimiento.

### Tasa de Interés

Las variaciones de la tasa de interés tienen efectos contrarios para las opciones CALL y PUT. Para una opción CALL, un aumento de la tasa de interés provoca una suba del valor de la prima ya que al ser un derecho de compra aplazada, tendrá mayor valor cuanto más alto sea la tasa de interés, dado que el valor actual del precio de ejercicio será más pequeño. Por el contrario, las opciones PUT se deprecian ante una suba de la tasa de interés y aumentan su valor cuando la tasa de interés desciende. Al aportar derechos de venta a un precio determinado, este efecto se produce por el menor valor del actual precio de ejercicio con tasas de interés altas y mayor valor actual con tasas de interés bajas.

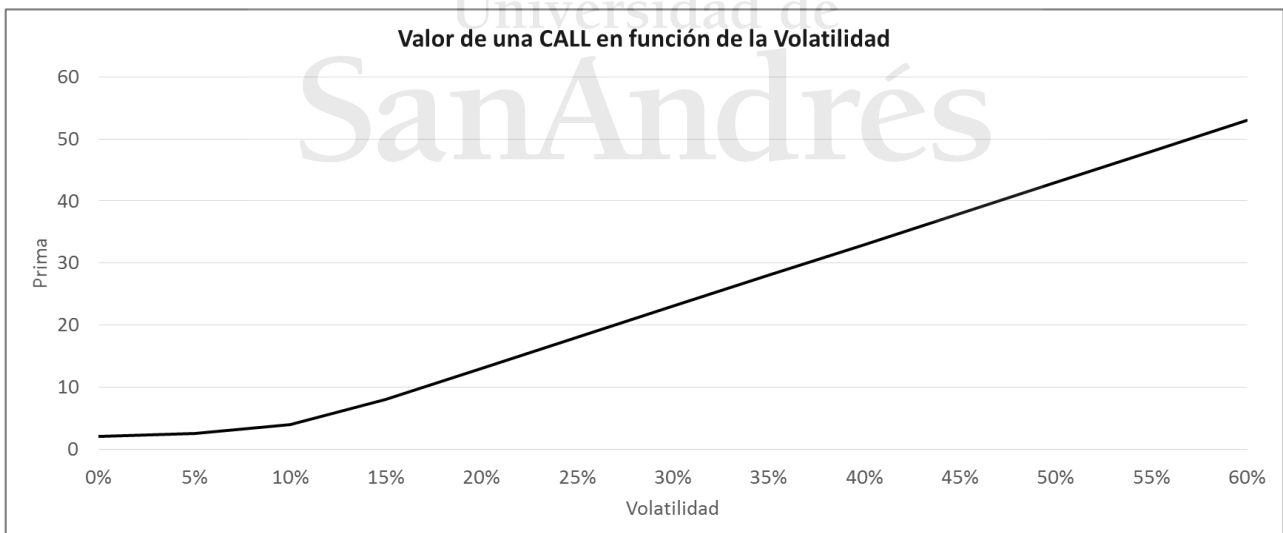


## Precio de Ejercicio

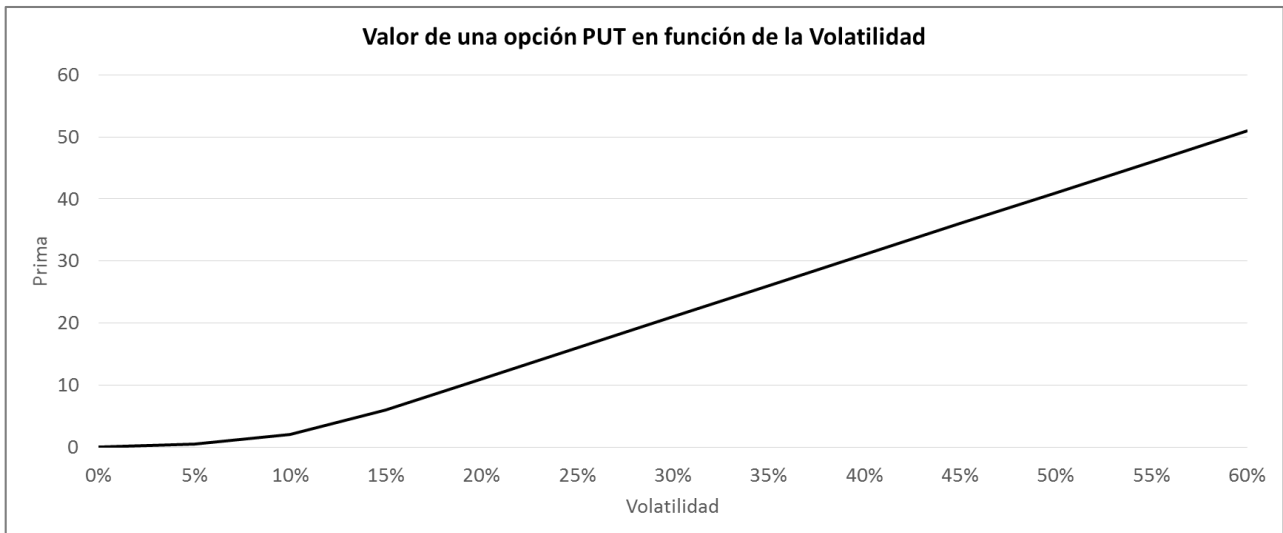
La correlación entre el precio de ejercicio y el valor de la opción es positiva para las opciones CALL y negativa para las opciones PUT. Para las opciones de compra, la prima será mayor cuanto menor sea el precio de ejercicio dado que aumentará la probabilidad de que el precio del activo subyacente supere el precio de ejercicio y por lo tanto genere una ganancia al comprador. En cambio, para las opciones de venta, la prima será mayor cuanto mayor sea el precio de ejercicio ya que la probabilidad de que el precio del activo subyacente supere el precio de ejercicio será menor y por lo tanto provocará un beneficio al comprador.

## Volatilidad

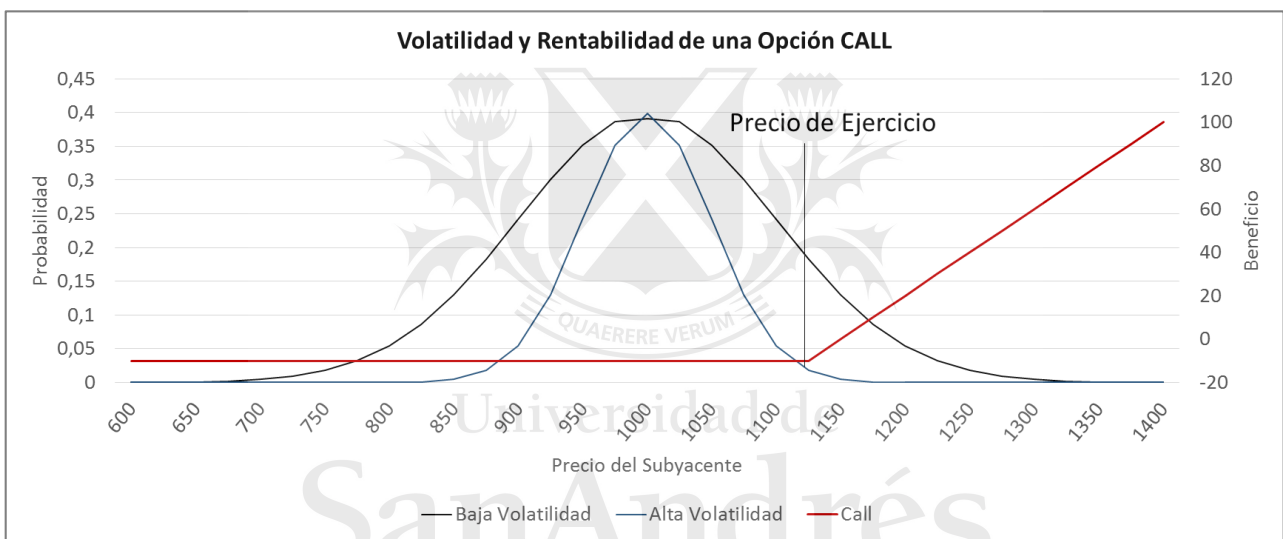
El efecto de la volatilidad sobre los precios de las opciones CALL y PUT es el mismo. La suba de la volatilidad produce un aumento de las primas de las opciones CALL y PUT. Esto se produce ya que cuanto mayor volatilidad tenga el subyacente, el rango de precios al vencimiento será mayor, lo que implica un riesgo superior para los vendedores de opciones y mayores probabilidades de beneficio para los compradores de opciones. Por lo tanto, el mercado de opciones traducirá los aumentos de la volatilidad en aumentos de las primas de las opciones.



Valor de una opción CALL en función de la volatilidad del activo subyacente.



Valor de una opción PUT en función de la volatilidad del activo subyacente.

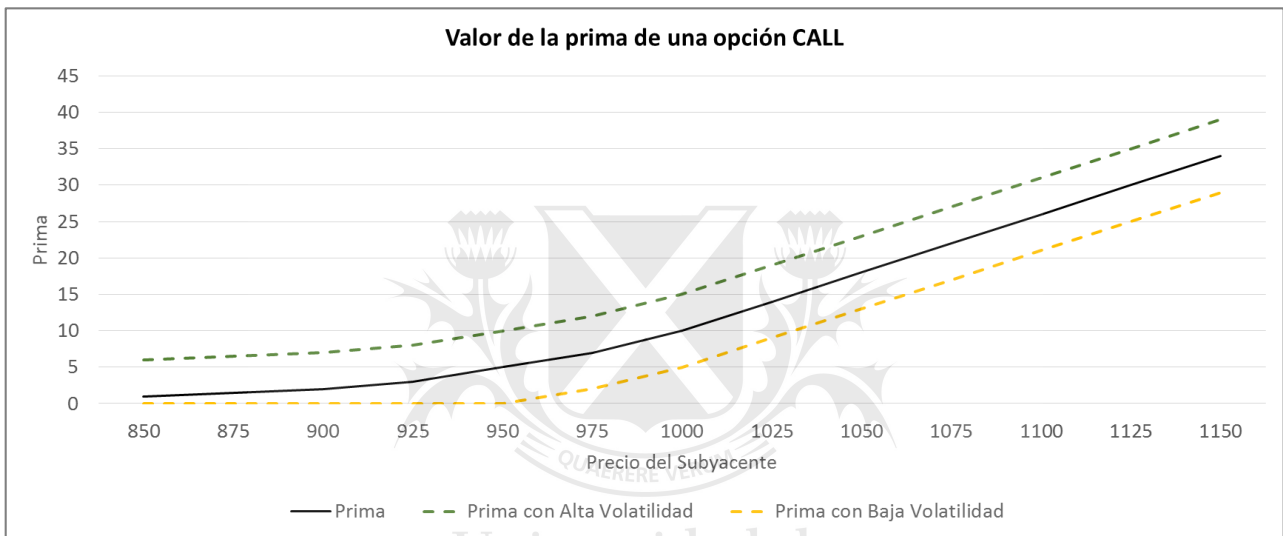


El gráfico anterior muestra un ejemplo de la rentabilidad de una opción CALL para dos volatilidades diferentes. La curva negra representa una volatilidad alta y la curva azul una baja volatilidad para el activo subyacente. La línea roja representa los beneficios obtenidos a partir de la compra de una opción CALL.

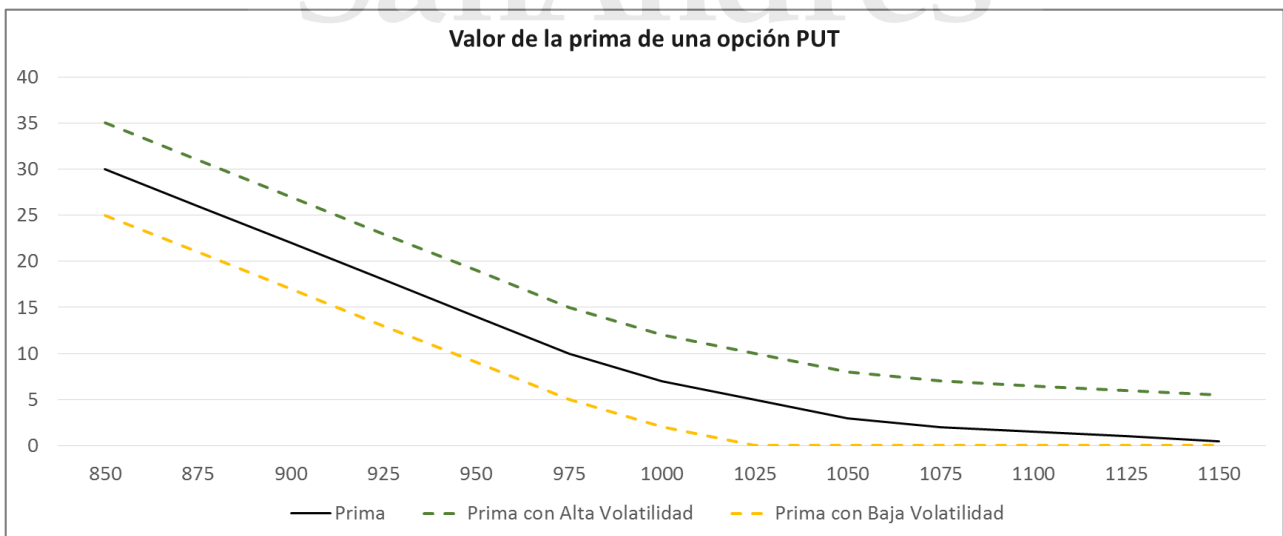
Como se puede observar, en caso de tener poca volatilidad del precio del activo subyacente, la probabilidad de que los precios superen el precio de ejercicio es casi nula, por lo que los compradores de opciones no estarían dispuestos a pagar una prima muy grande por una opción CALL de estas características en este contexto. En cambio, en una situación donde la volatilidad es alta (curva negra), la probabilidad de que los precios superen el precio de ejercicio es alta, por lo que los inversores estarían dispuestos a pagar más por la opción CALL.

## Volatilidad y precio del activo del subyacente

A partir de las relaciones entre el precio del activo subyacente y el precio de una opción y entre esta última y la volatilidad, se construyeron los siguientes gráficos donde se ve el impacto que tiene la volatilidad y el precio del activo subyacente sobre los precios de las opciones CALL y PUT. En síntesis, la curva del valor de la opción se desplaza hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la volatilidad del activo subyacente. En contextos de alta volatilidad la curva se desplaza hacia arriba, mientras que en contextos de baja volatilidad la curva se desplaza hacia abajo.



Valor de una opción CALL en función del precio del activo subyacente y la volatilidad.



Valor de una opción PUT en función del precio del activo subyacente y la volatilidad.

## Volatilidad en Opciones

La volatilidad en opciones se refiere al posible rango de variaciones de los precios del activo subyacente. Como expliqué en la sección anterior, el efecto que tiene la volatilidad sobre el precio de las opciones CALL y PUT es el mismo: cuanto mayor sea la volatilidad del activo subyacente, el rango de precios al vencimiento de la opción será mayor, lo que implica un riesgo superior para los vendedores de opciones y una mayor probabilidad de beneficio para los compradores, por lo que se traduce en un mayor valor tiempo.

Existen tres tipos de volatilidades<sup>17</sup>: En primer lugar la **volatilidad diaria histórica** que se refiere a la volatilidad del precio del subyacente calculado para una serie histórica de precios<sup>18</sup>. El cálculo de la volatilidad histórica se puede realizar de varias maneras, pero en este trabajo me voy a focalizar en el cálculo de la volatilidad sobre la base de los precios de cierre del activo subyacente. El rendimiento periódico del subyacente, para este enfoque, se calcula a partir del retorno logarítmico diario:  $r_t = LN\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$

Donde  $r_t$  es el rendimiento del activo subyacente entre el período  $t - 1$  y  $t$ .  $S_t$  es el precio de cierre del activo subyacente en la fecha  $t$ .  $S_{t-1}$  es el precio de cierre del subyacente en la fecha  $t - 1$ .

A partir de la serie de  $r_t$  voy a calcular la media y la varianza de los rendimientos:

$$\bar{r} = \sum_{t=1}^n \frac{r_t}{n}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2$$

Donde  $\bar{r}$  es la media y  $\sigma^2$  la varianza.  $n$  es el número de datos utilizados en los cálculos. Finalmente, para obtener la volatilidad del periodo se aplica la raíz cuadrada sobre la varianza.

---

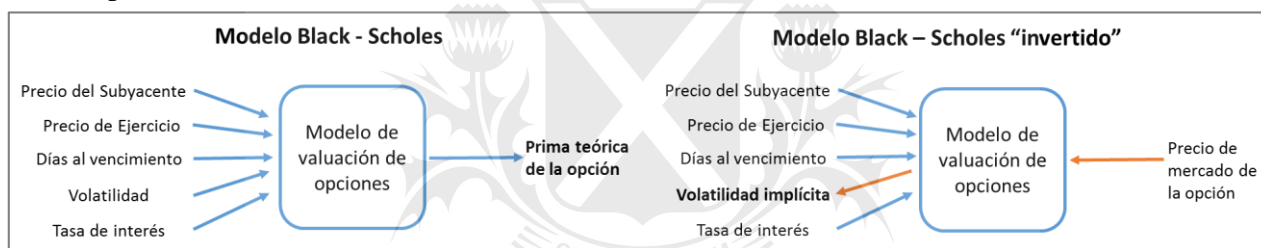
<sup>17</sup> Casanova, M., Medina, P., Palazzo, R., Rollandi, G., Mas, M., Rosa, A. (2002). Lecturas 5. Bolsa de Comercio de Rosario, Departamento de Capacitación. Capítulo 3: "Análisis de Volatilidad Implícita".

<sup>18</sup> Casanova, M., Medina, P., Palazzo, R., Rollandi, G., Mas, M., Rosa, A. (2002). Lecturas 5. Bolsa de Comercio de Rosario, Departamento de Capacitación. Capítulo 3: "Análisis de Volatilidad Implícita".

La **volatilidad futura** es el dato que nadie sabe y que todos los modelos de estimación de volatilidades intentan determinar. Con él, se puede valorar correctamente las opciones y ganar dinero aprovechando los errores en las expectativas de otros agentes. En teoría este es el dato de volatilidad que se ingresa en un modelo teórico de precio<sup>19</sup>.

La **volatilidad implícita** es “una conjunción de las expectativas sobre la volatilidad futura que poseen los operadores del mercado”<sup>20</sup>. En otras palabras, refleja las expectativas del mercado sobre la volatilidad del activo subyacente hasta el vencimiento.

El modelo de Black-Scholes, empleado previamente para calcular el precio de una opción, puede ser utilizado también para determinar la volatilidad implícita. Introduciendo en la ecuación el valor de la prima de la opción y dejando como incógnita la volatilidad, queda una ecuación implícita a la que se puede despejar la volatilidad implícita.



## Estrategia PutWrite

Las estrategias PutWrite consisten en vender opciones PUT de corto plazo y la simultánea inversión de la liquidez al tipo de interés libre de riesgo<sup>21</sup>.

Estos tipos de contrato ofrecen cobertura a sus compradores ante una eventual caída del activo subyacente por debajo del precio de ejercicio de la opción.

Si al vencimiento del contrato, el precio del activo no cae por debajo del precio de ejercicio, el inversor se quedará con toda la prima obtenida en la venta de las opciones. Sin embargo, si el precio del subyacente cae por debajo del precio de ejercicio al

<sup>19</sup> Casanova, M., Medina, P., Palazzo, R., Rollandi, G., Mas, M., Rosa, A. (2002). Lecturas 5. Bolsa de Comercio de Rosario, Departamento de Capacitación. Capítulo 3: “Análisis de Volatilidad Implícita”.

<sup>20</sup> Casanova, M., Medina, P., Palazzo, R., Rollandi, G., Mas, M., Rosa, A. (2002). Lecturas 5. Bolsa de Comercio de Rosario, Departamento de Capacitación. Capítulo 3: “Análisis de Volatilidad Implícita”.

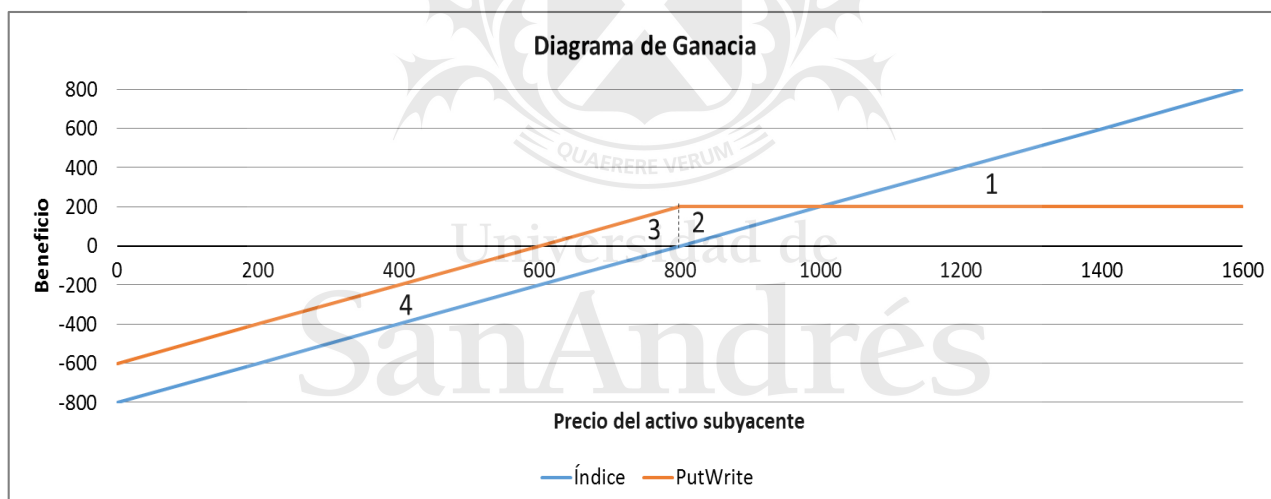
<sup>21</sup> Castellanos, E. Venta de PUT (PutWrite). Estrategia con Opciones sobre acciones (I). INVERSIÓN. EnBolsa.

vencimiento, el vendedor debe pagar al asegurado la diferencia entre el precio del activo y el precio de ejercicio acordado.

Por otro lado, los compradores de este tipo de opciones están buscando asegurar su portafolio ante una eventual caída del activo subyacente ya que, como se vio en el capítulo anterior, el precio de una opción sube cuando el precio del subyacente cae.

Cuando el precio del activo subyacente sube, la rentabilidad de la estrategia está limitada a la ganancia obtenida por las primas de las opciones vendidas. Mientras que cuando el precio del activo subyacente cae, el vendedor toma el riesgo de mayores caídas del activo pero con una mejor performance que haber invertido directamente en el activo subyacente dado que obtuvo las primas por la venta.

El siguiente gráfico ejemplifica los beneficios obtenidos en cada uno de los 4 posibles escenarios entre una inversión en un índice bursátil y una estrategia PutWrite sobre el índice. En el ejemplo el precio de ejercicio de la opción es 800\$ y la prima es 200\$.



El primer escenario ocurre cuando hay una suba del valor del índice que supera al valor de la sumatoria de las primas obtenidas por la venta de opciones. En este caso, la estrategia PutWrite tiene una menor performance que el índice subyacente ya que si suponemos que existen dos inversores y uno adquiere una acción sobre el activo subyacente a 800\$ y el segundo inversor vende una opción put por una prima de 200\$ y en el siguiente periodo el valor del activo subyacente aumenta hasta 1200\$, el beneficio para el primer inversor será de 400\$ (1200\$ - 800\$) mientras que para el segundo será solamente de 200\$.

La segunda situación, es cuando hay una pequeña suba o estabilidad del valor del índice. El vendedor conserva todas las primas obtenidas debido a que el precio de mercado se mantiene por encima del precio de ejercicio, pero la ganancia obtenida por la suba del valor del índice no supera a la ganancia obtenida por la venta de opciones put.

El tercer tipo de escenario tiene lugar en época de relativa estabilidad del mercado, pero a diferencia de la situación anterior, el valor del índice subyacente se mantiene por debajo del precio de ejercicio de las opciones vendidas. Por lo tanto el vendedor deberá utilizar parte del ingreso de las primas para financiar la diferencia entre precio de mercado y precio de ejercicio. Aún en esta situación, el vendedor obtendrá una ganancia positiva y una mejor performance que un inversor que ha apostado por el índice.

La cuarta y última situación posible ocurre ante una gran caída del valor del índice subyacente. En este caso, el vendedor de opciones deberá salir a financiar la diferencia entre el precio de ejercicio de las opciones vendidas con el precio de mercado. Del mismo modo que en el escenario anterior, el vendedor de opciones, obtendrá una mejor performance que un inversor que ha apostado por el índice subyacente dado que ha obtenido las primas de las opciones vendidas.

Dicho de otro modo, si un inversor es muy optimista respecto de la economía o del activo subyacente, debería estar comprando el activo, mientras que si es escéptico o pesimista sobre el futuro, una estrategia PutWrite puede ser una opción interesante.

## CBOE S&P 500 PutWrite Index

La estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index (PUT), de acuerdo con el informe *Methodology of the CBOE S&P 500 PutWrite Index* (2014), es un índice que comenzó a publicarse diariamente en junio del 2007 por la Chicago Board Options Exchange (CBOE) y que mide el valor de es una estrategia de inversión que consiste en la venta sistemática a un mes de opciones put “At the Money” sobre el índice S&P 500 (SPX), cubierto por un portafolio compuesto por Letras del Tesoro de EEUU a uno y tres meses.

Las opciones put sobre el índice S&P 500 son vendidas mensualmente (*Roll Date*) y concuerda con la fecha de vencimiento de las opciones del S&P 500. La fecha base del índice es el 1 de Junio de 1988 cuando el valor era 100.



El índice está diseñado para ganar exposición sobre el mercado de valores de EEUU, mientras gana primas sobre las opciones vendidas. La estrategia está programada para que esté completamente cubierta; es decir, que el monto total de las T-Bills (Letras del Tesoro de Estados Unidos) tenga un valor igual al precio de ejercicio de todas las opciones vendidas. Por lo tanto, la máxima ganancia de esta estrategia en cualquier mes es igual a la suma de las primas de las opciones vendidas más los intereses obtenidos por las T-Bills.

En cada *Roll Date*, las pérdidas generadas por el vencimiento de las opciones son financiadas por las T-Bills. En el mismo día un nuevo paquete de opciones es vendido y el ingreso de esta comercialización es invertido en las cuentas de T-Bill.

Trimestralmente, todo el dinero es reinvertido en las letras del tesoro a 3 meses. En los demás meses, el ingreso generado por las ventas de las opciones es invertido en letras del tesoro a 1 mes.

El número de opciones put sobre el índice S&P 500 a vender es elegido para asegurar total cobertura. Esto significa que al vencimiento de las opciones, el valor total de las letras del tesoro invertidas tiene que ser igual a la mayor pérdida posible  $N \cdot K$ , donde  $N$  es el número de opciones put vendidas y  $K$  es el precio strike.

El precio de ejercicio para las nuevas opciones vendidas es el precio strike del listado de opciones put sobre el índice S&P 500 que está más próximo y sea inferior al último valor del índice del S&P 500 reportado antes de las 11:00hs del día de lanzamiento. Es decir que si el valor del índice S&P 500 antes de las 11:00hs fuese 1233,10; el precio de ejercicio al que serán vendidas las opciones será 1230.

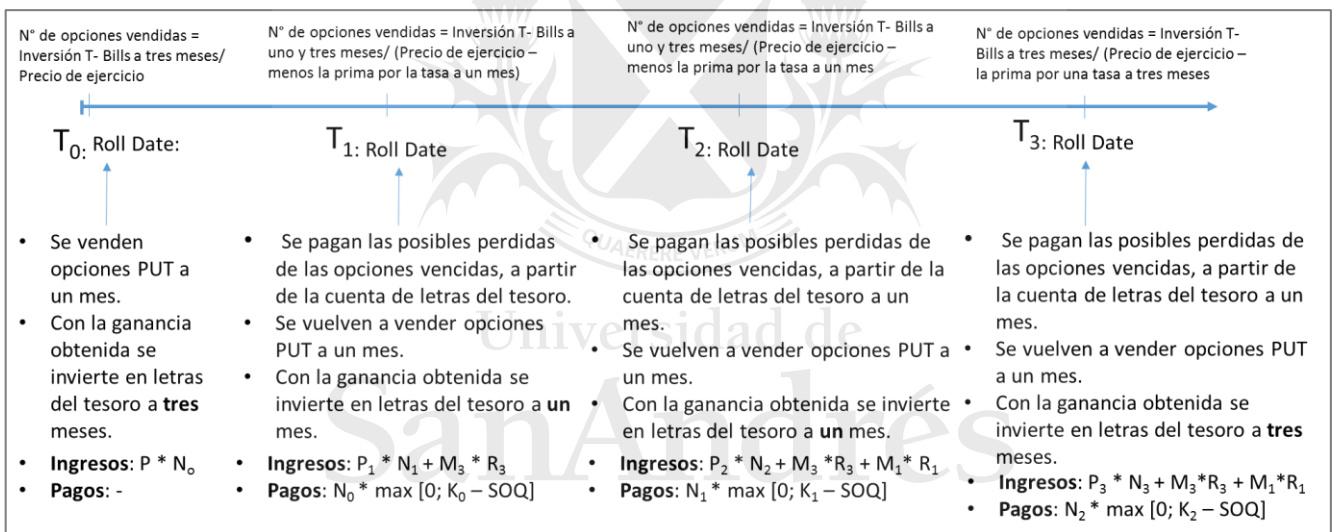
Se estima que las opciones put SPX serán vendidas a un precio igual al precio promedio (ponderado por volumen) de las opciones put que tienen el mismo strike intercambiadas durante un período de media hora, iniciando a las 11:30hs. El CBOE calcula el VWAP en dos etapas: primero excluye todas las transacciones entre las 11:30 y 12:00 que son identificadas por haber sido ejecutadas como parte de un “spread”. Luego, el CBOE calcula el peso promedio de todos los demás precios para las transacciones que tengan el mismo strike. En caso de que no haya transacciones con ese strike, las opciones se venden al precio de demanda reportado antes de las 12:00hs.

El CBOE calcula el valor índice PUT cada 15 segundos durante los días que el mercado se encuentra abierto, salvo los *roll date*. En cualquier día, el índice representa el valor de haber invertido 100 usd en la estrategia PUT el 1 de junio de 1988. Al cierre de cada día el valor de la índice PUT es igual al valor de la cuenta de las T-Bills menos el valor de mercado de las opciones<sup>22</sup>:

$$Put = M_t - N_{last}P_t$$

Donde  $M_t$  es el monto total de las letras del Tesoro (a uno y tres meses) al cierre del día  $t$ ,  $N_{last}$  es el número de opciones put vendidas en el último *Roll Date* y  $P_t$  es el promedio de precios entre la última demanda y oferta de las opciones put reportado antes de las 4:00 pm en el día  $t$ .

A continuación se exhiben las acciones que se realizan en cada *Roll Date*:



En  $T_0$ , el inversor vende opciones put sobre el índice S&P 500 a un mes y con la ganancia obtenida, invierte en Letras del Tesoro de Estados Unidos (T-Bills) a tres meses. En este primer periodo, la ganancia de la estrategia se limita a los ingresos obtenidos por la venta de las opciones a una prima determinada dado que no hay ningún pago a realizar.

En  $T_1$ , las opciones llegan a su vencimiento y en caso de que las opciones sean ejercidas el inversor debe financiarlas a partir de la cuenta de T-Bill a tres meses y su

<sup>22</sup> Chicago Board Options Exchange (2014). Methodology of the CBOE S&P 500 PutWrite Index.

capital<sup>23</sup>. Luego, un nuevo paquete de opciones es vendido, tal que la estrategia se encuentre totalmente cubierta, es decir, que en caso de que se ejerzan las opciones, los montos acumulados en las cuentas de T-Bills lo puedan financiar. Para garantizar esta cobertura, el número de opciones vendidas debe ser determinado tal que la estrategia nunca tenga un valor negativo luego del próximo *roll date*:

$$\underbrace{M_3(1 + r_3) + (M_1 + N_{new}P_{new})(1 + r_1)}_{\text{Ingresos futuros}} \geq \underbrace{N_{new}K_{new}}_{\text{Máximo pago posible}}$$

$$N_{new} = \frac{M_1(1 + r_1) + M_3(1 + r_3)}{K_{new} - P_{new}(1 + r_1)}$$

Los ingresos obtenidos en este periodo son la venta de las opciones al precio  $P_1$  más la tasa obtenida por la inversión en T-Bills a tres meses. Los pagos a realizar, en esta instancia, son variable ya que en caso de que las opciones no sean ejercidas no se realiza ningún pago, pero, en cambio, si son ejercidas, el vendedor debe financiar un monto igual a el número de opciones ejercidas por la diferencia entre el precio de ejercicio elegido en  $T_0$  y el valor del índice subyacente en  $T_1$ . La ganancia obtenida a partir de la venta de opciones es invertida en Letras del Tesoro Americano a un mes.

En  $T_2$ , nuevamente las opciones llegan a su vencimiento y en caso de que las opciones sean ejercidas el inversor debe financiarlas a partir de la cuenta de T-Bill a un mes. Luego, un nuevo paquete de opciones es vendido, tal que la estrategia se encuentre totalmente cubierta, es decir, que en caso de que se ejerzan las opciones, los montos acumulados en las cuentas de T-Bills lo puedan financiar. Para garantizar esta cobertura, el número de opciones vendidas debe ser determinado tal que la estrategia nunca tenga un valor negativo luego del próximo *roll date*:

$$\underbrace{M_3(1 + r_3) + (M_1 + N_{new}P_{new})(1 + r_1)}_{\text{Ingresos futuros}} \geq \underbrace{N_{new}K_{new}}_{\text{Máximo pago posible}}$$

<sup>23</sup> Para el periodo  $T_0$  la estrategia no se encuentra totalmente cubierta dado que la máxima pérdida posible por una caída del valor del activo subyacente será mayor que las primas obtenidas por la venta de las opciones. Para todos los demás periodos, la estrategia se encuentra totalmente cubierta.

$$N_{new} = \frac{M_1(1 + r_1) + M_3(1 + r_3)}{K_{new} - P_{new}(1 + r_1)}$$

Los ingresos obtenidos en este periodo son similares a la instancia anterior, con la diferencia que se incorporan la ganancia obtenida a partir de los retornos de las T-Bills a un mes. Los pagos a realizar mantienen la misma estructura que el periodo anterior, es decir, son variable: en caso de que las opciones no sean ejercidas no se realiza ningún pago, pero, si son ejercidas, el vendedor debe financiar un monto igual a el número de opciones ejercidas por la diferencia entre el precio de ejercicio elegido en T<sub>1</sub> y el valor del índice subyacente en T<sub>2</sub>. Por último, la ganancia obtenida a partir de la venta de opciones es invertida en Letras del Tesoro Americano a un mes.

En T<sub>3</sub>, las opciones llegan a su vencimiento y en caso de que las opciones sean ejercidas el inversor debe financiarlas a partir de la cuenta de T-Bill a un mes. Luego, un nuevo paquete de opciones son vendidas, tal que la estrategia se encuentre totalmente cubierta, es decir, que en caso de que se ejerzan las opciones, los montos acumulados en las cuentas de T-Bills lo puedan financiar. Para garantizar esta cobertura, el número de opciones vendidas debe ser determinado tal que la estrategia nunca tenga un valor negativo luego del próximo *roll date*:

$$\underbrace{(M_3 + N_{new}P_{new})(1 + r_3)}_{\text{Ingresos futuros}} \geq \underbrace{N_{new}K_{new}}_{\text{Máximo pago posible}}$$

$$N_{new} = \frac{M_3(1 + r_3)}{K_{new} - P_{new}(1 + r_3)}$$

En esta instancia, los ingresos y los pagos son similares al periodo anterior. Por último, la ganancia obtenida a partir de la venta de opciones y los montos que se encuentran en la cuenta de T-Bill a un mes son re-invertidos en Letras del Tesoro Americano a un tres meses.

## Revisión de la Literatura

Uno de los primeros y más relevantes trabajos que analizan la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index fue el estudio realizado en 2008 por Ennis, Knupp & Associates Inc. “Evaluating the performance characteristics of the CBOE S&P 500 PutWrite Index” que evaluó las características de la performance de la estrategia.

El trabajo consistió en analizar el funcionamiento y las fuentes de rentabilidad de dicha estrategia de inversión. El resultado de su búsqueda llamó la atención de varios inversores, ya que indicaba que desde 1986 hasta el 2008 el índice PUT había tenido mayores retornos que el índice S&P 500 con menor volatilidad.

El índice PUT tuvo una rentabilidad del 10,32% con una volatilidad del 9,91% mientras que el índice S&P 500 tuvo una rentabilidad del 8,77% y una volatilidad del 15,39% para el mismo periodo.

Del mismo modo, otro aporte interesante fue que los autores evaluaron el origen de la rentabilidad de la estrategia, algo que hasta el momento no estaban del todo claro.

El estudio propuso tres fuentes: dos de ellas bastante conocidas en el mundo financiero que son el retorno de las Letras del Tesoro de EEUU y la exposición al índice S&P 500 (cuando las opciones son ejercidas). La tercera fuente de retorno, y menos conocida en el mercado, es la volatilidad del mercado (*equity market volatility*), que está representada por el ingreso recibido por la venta de opciones put. Esta fuente trae un exceso de retorno debido a que proviene de la tendencia de las opciones sobre índices a negociarse a un valor superior al “faire value” ya que la demanda por opciones sobre índices es alta y la oferta de opciones put reducida entonces, los compradores de opciones tienden a pagar una prima para asegurarse ante una eventual caída del índice.

Otra posible explicación del exceso de retorno por la volatilidad del mercado fue el aporte realizado por Jones et al (2011)<sup>24</sup>, que argumenta que este efecto es producido a partir de que la volatilidad implícita es mayor a la volatilidad real y que esto ocurre porque los vendedores de opciones son más precio sensibles que los compradores. En otras palabras, al comprador no le importaría pagar un poco más para protegerse de una crisis

---

<sup>24</sup> Jones, A., Tongberg, K., Winig, E. (2011). Highlights from the Benefits of Selling Volatility. Cambridge Associates LLC

en el mercado, mientras que los vendedores le otorgan una mayor importancia a unos centavos extras por ausencia de futuro crecimiento, es decir, son compensados por proveer cobertura al comprador. Según los autores, desde 1990, la volatilidad implícita ha sido superior a la volatilidad realizada en un 86,9% de los meses con una diferencia promedio de 4,5 puntos porcentuales.

Esta última explicación coincide con el trabajo de Cantillon y Hrad (2014) que indica que el exceso de retorno ocurre porque la volatilidad implícita se mantiene por encima de la volatilidad realizada en más de 80% del tiempo. Sin embargo, en este caso, los autores explican que este efecto es provocado a partir del *equity insurance risk premium* inherente en los precios de las opciones. Es decir, que el precio de las opciones se mantiene por encima de su valor razonable debido a que compensa a los vendedores de opciones por ofrecer cobertura contra caídas del mercado, en otras palabras, compensa a los vendedores de exponerse a un mayor riesgo.

Por otro lado, otro aporte relevante que realiza el trabajo de Jones et al (2011) es presentar algunas limitaciones y riesgos de las estrategias PutWrite. Según el estudio, la mayor desventaja de la estrategia es que se encuentra expuesta al mercado debido a su naturaleza de estar totalmente cubierta y por ende la estrategia PUT va a seguir los pasos del mercado en épocas de crisis. Esto puede explicarse dado que la que estrategia, por sus características, se encuentra totalmente cubierta<sup>25</sup>, y no permite que se pueda invertir, las primas obtenidas, en otros activos, atando el rendimiento de la estrategia al valor del índice S&P 500 en épocas de crisis. Asimismo, los autores comentan que la estrategia, después de una caída del mercado en algunos puntos porcentuales, no ofrece ningún tipo de amortiguamiento contra pérdidas adicionales.

## Índices de Volatilidad

Antes de seguir analizando la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index, voy detenerme en analizar un factor clave que ya vengo mencionando reiteradamente en el trabajo que es la volatilidad implícita. En el mercado norteamericano, dicha volatilidad se encuentra representada por el índice VIX.

---

<sup>25</sup> El número de opciones vendidas está determinado para asegurarse que el máximo pago posible en el siguiente mes sea inferior o igual a los ingresos obtenido en el mes siguiente.

## VIX

El CBOE Volatility Index (VIX) fue originalmente introducido por Whaley (1993) como un índice de volatilidad implícita sobre el S&P 100. En el 2003, se presentó el nuevo VIX que se basa sobre el S&P 500<sup>26</sup>. Este índice mide la volatilidad implícita del mercado sobre opciones del índice S&P 500 a 30 días. El valor del índice es calculado a través los precios de las opciones put sobre el índice S&P 500 “at the money” y “out of the money” del mes siguiente y sub-siguiente e indica el cambio anual esperado en los precios dentro de los siguientes 30 días. Por lo tanto, si el VIX tiene un valor igual a 20 significa que las opciones sobre el índice S&P 500 tienen un precio para una volatilidad anual de 20% para los próximos 30 días.

El cálculo del VIX proviene de la fórmula de Black-Scholes y la fórmula utilizada es la siguiente<sup>27</sup>:

$$\sigma^2 = \frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2$$

Donde:

$$VIX = \sigma * 100, \text{ es decir: } VIX = \left( \sqrt{\frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2} \right) * 100$$

$T$  es el tiempo en minutos hasta el vencimiento de la opción;

$F$  es el valor futuro deseado que se obtiene a partir del precio de las opciones sobre el activo subyacente;

$K_0$  es el primer precio de ejercicio que se encuentra por debajo del valor de  $F$ ;

$K_i$  es el precio de ejercicio de la opción  $i$ ;

$\Delta K_i$  es el intervalo entre el precio de ejercicio:

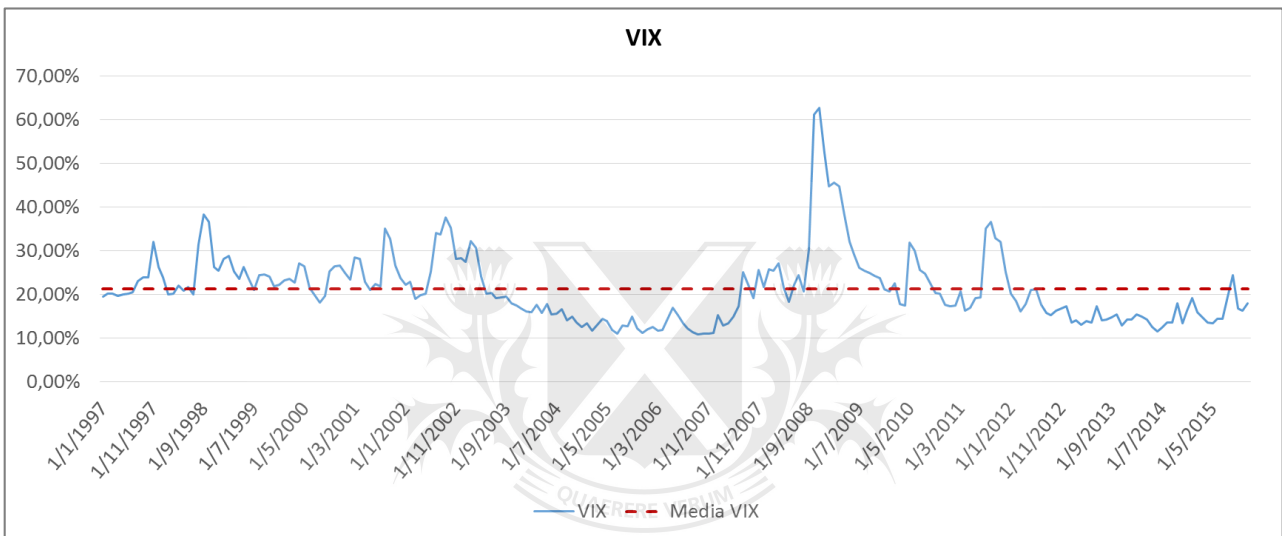
<sup>26</sup> Chicago Board Options Exchange, White Paper (2014). The CBOE Volatility Index – VIX: The powerful and flexible trading and risk management tool from the Chicago Board Options Exchange.

<sup>27</sup> Chicago Board Options Exchange, White Paper (2014). The CBOE Volatility Index – VIX: The powerful and flexible trading and risk management tool from the Chicago Board Options Exchange.

$$\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2}$$

$R$  es la tasa de interés libre de riesgo hasta el vencimiento y  $Q(K_i)$  es el punto medio entre la oferta y demanda por cada opción con precio de ejercicio  $K_i$ .

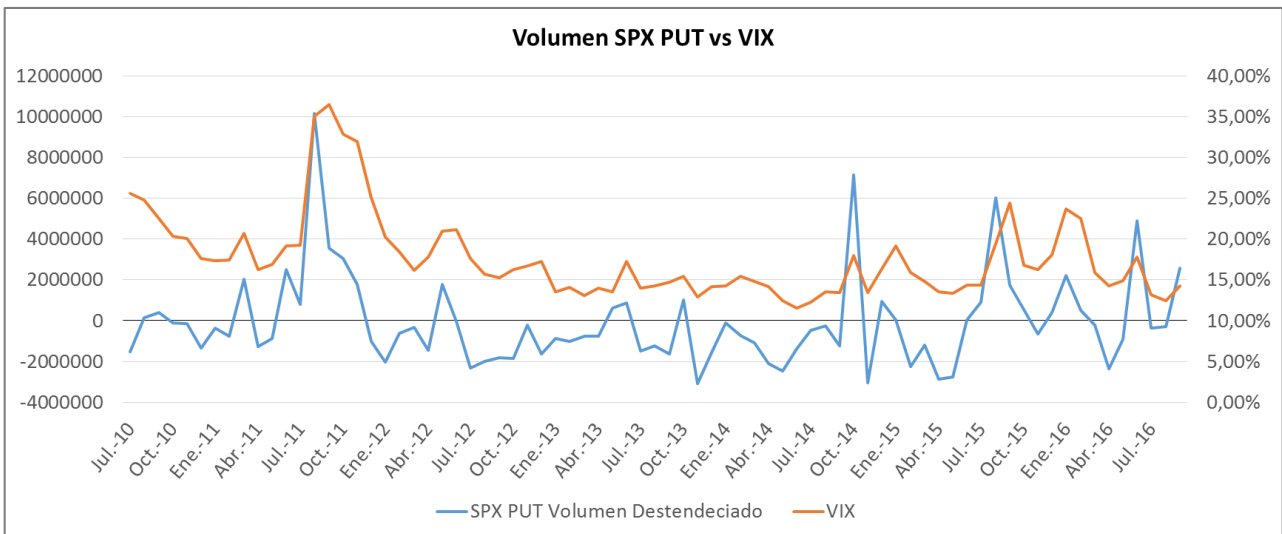
En el siguiente gráfico se observan los valores mensuales del VIX para el periodo 1997 – 2015. En el mismo se puede ver que el índice de la volatilidad implícita tuvo una media mensual del 21,23%.



Universidad de

San Andrés

Para entender las subas y caídas del valor del VIX, voy a cruzar el volumen de opciones put sobre el índice S&P 500 negociadas contra el VIX y verificar si hay alguna relación:





A partir del gráfico anterior y los cálculos realizados<sup>28</sup>, voy a coincidir con Cantillon y Hrad (2014), con respecto a que existe una asociación entre el incremento del valor del VIX y del volumen de opciones negociadas. Como se puede observar en agosto 2011 u octubre 2014 donde el volumen de contratos negociados creció 95% y 75%, el VIX tuvo incrementos del 82% y 33%, respectivamente. Por lo tanto, se puede pensar que un aumento del volumen de opciones put sobre el índice S&P 500 negociadas puede provocar un aumento del índice de volatilidad implícita. Este efecto también puede entenderse a partir de que el índice VIX es un reflejo de la expectativa del mercado de la volatilidad futura y por lo tanto, un aumento de la demanda por opciones put, se traduce en una mayor demanda de los inversores a protegerse ante una eventual caída del índice subyacente, es decir, una expectativa de mayor volatilidad futura del mercado.

A continuación, voy a comparar la volatilidad implícita publicada por el índice VIX con la volatilidad histórica realizada del índice S&P 500 a un mes para el periodo enero 1997 a diciembre 2015, con el objetivo de comprobar si realmente la volatilidad implícita suele ser superior a la volatilidad realizada.

Para calcular la volatilidad realizada del índice S&P 500 me basé en el cálculo de la volatilidad sobre la base de los precios de cierre del activo presentado en la sección anterior:

En primera instancia se calcula el rendimiento periódico del subyacente, a partir del retorno logarítmico diario:  $r_t = LN\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$

Donde  $r_t$  es el rendimiento del activo subyacente entre el período  $t - 1$  y  $t$ .  $S_t$  es el precio de cierre del activo subyacente en la fecha  $t$ .  $S_{t-1}$  es el precio de cierre del subyacente en la fecha  $t - 1$ .

A partir de la serie de  $r_t$  se calcula la media y la varianza de los rendimientos para cada mes:

$$\bar{r} = \sum_{t=1}^n \frac{r_t}{n}$$

---

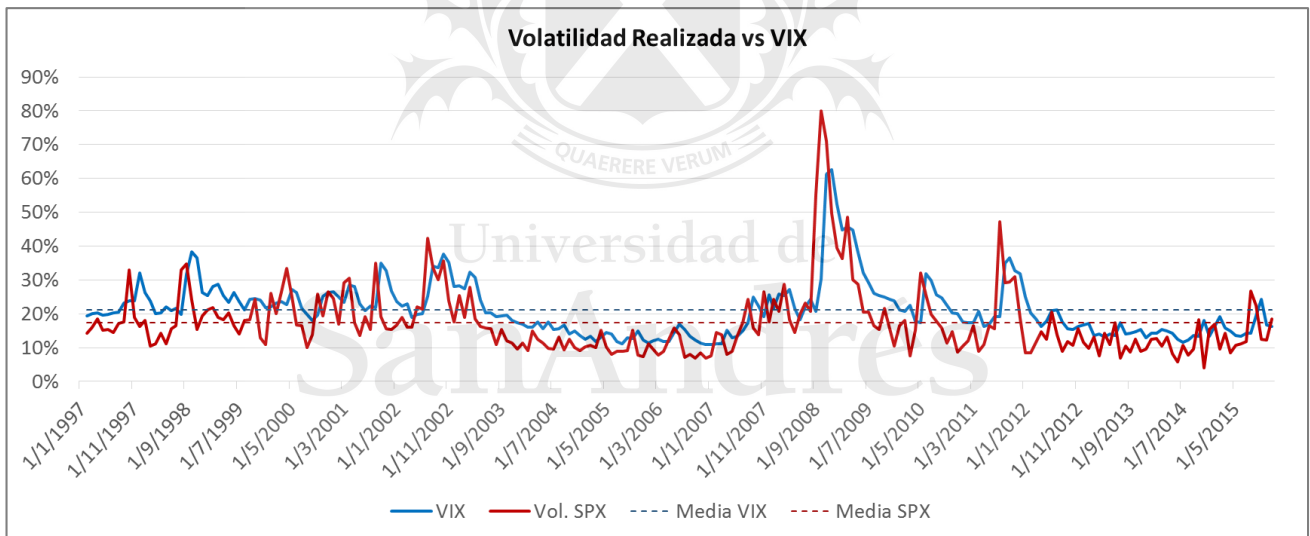
<sup>28</sup> Ver Anexo: A)

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2$$

Donde  $\bar{r}$  es el retorno promedio mensual y  $\sigma^2$  la varianza mensual.  $n$  es el número de días hábiles para cada mes. Finalmente, para obtener la volatilidad mensual se aplica la raíz cuadrada sobre la varianza.

Por último, para poder comparar la volatilidad realizada del índice S&P 500 con el índice de volatilidad implícita (VIX) se anualiza la volatilidad multiplicando la volatilidad mensual obtenida por 252, que es la cantidad de días hábiles en un año.

Asimismo, para poder comparar las volatilidades, a los valores del índice VIX desplazado para el mes siguiente ya que como se vio en la sección anterior, el índice de volatilidad implícita representa la expectativa de volatilidad para los próximos 30 días.



En el gráfico anterior se observa que la volatilidad implícita suele ser superior a la volatilidad histórica realizada del índice S&P 500 a lo largo del tiempo, salvo cuando esta última tiene grandes subas, como por ejemplo octubre 2008 y agosto 2011. En el periodo analizado, la volatilidad implícita tuvo una media de 21,23% mientras la que volatilidad realizada a un mes fue del 17,39%. Asimismo, el índice VIX ha sido superior a la volatilidad realizada del índice S&P en aproximadamente 81% de los meses.

A partir de este resultado, puedo coincidir con los trabajos de Ennis, Knupp & Associates Inc. (2008)<sup>29</sup>, Jones et al (2011)<sup>30</sup> y Cantillon y Hrad (2014)<sup>31</sup> que la volatilidad implícita suele ser superior a la volatilidad realizada del índice S&P 500. En consecuencia voy a intentar determinar si la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index aprovecha esta diferencia entre la volatilidad implícita y realizada. Para ello, en el siguiente apartado voy a dedicarme a examinar las características de la rentabilidad de dicha estrategia.

#### IV. Rentabilidad del CBOE S&P 500 PutWrite Index

Para determinar la rentabilidad de la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index obtuve los datos de la cotización de la estrategia durante el periodo enero 1997 a diciembre 2015 y calculé la rentabilidad diaria para dicho periodo a partir de la ecuación ya presentada:

$$\text{Rentabilidad diaria} = LN\left(\frac{S_T}{S_{t-1}}\right)$$

Donde  $S_T$  es el precio de la estrategia en t y  $S_{t-1}$  es el precio de la estrategia en t-1.

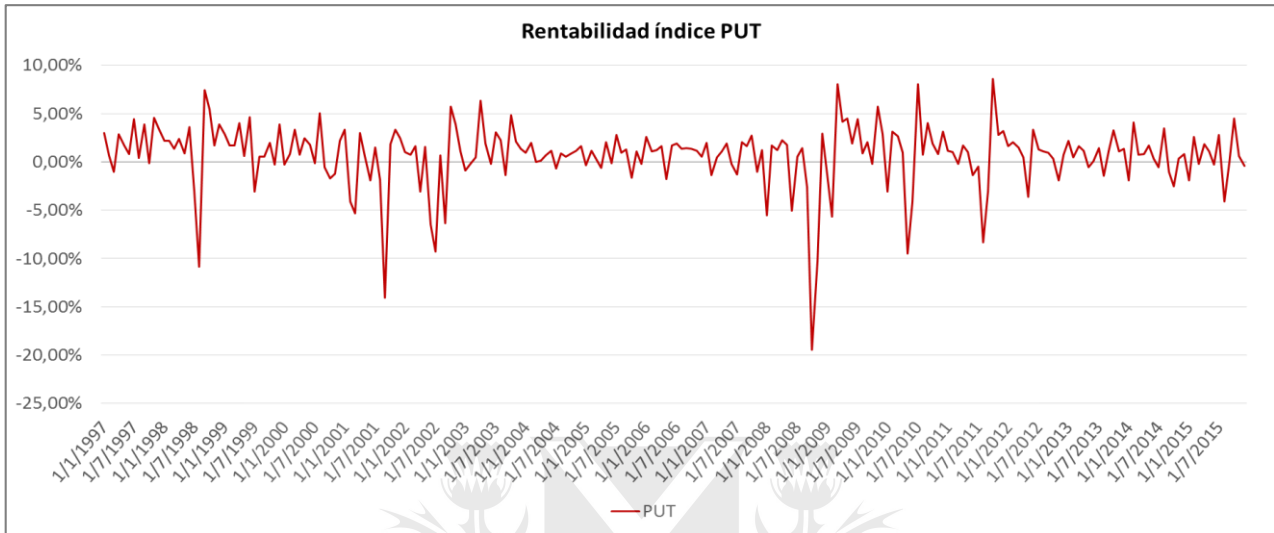
---

<sup>29</sup> EnnisKnupp (2008). Evaluating the Performance Characteristics of the CBOE S&P 500 PUTWRITE INDEX.

<sup>30</sup> Jones, A., Tongberg, K., Winig, E. (2011). Highlights from The Benefits of Selling Volatility. Cambridge Associates LLC

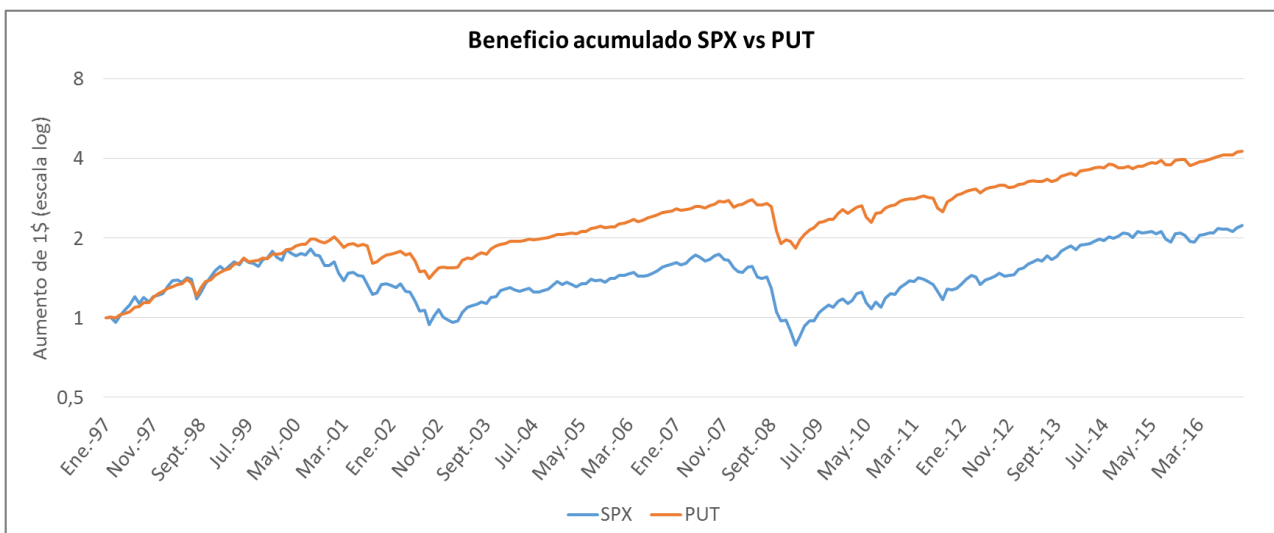
<sup>31</sup> Cantillon, A., Hrad, K., (2014). Harvesting the Equity Insurance Risk Premium: Know Your Options. Aon Hewitt, retirement and investment.

Luego, para obtener la rentabilidad mensual del índice PUT sumé todas las rentabilidades diarias obtenidas para cada mes. En el siguiente gráfico se muestra la rentabilidad de la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index desde 1997 a 2015. La rentabilidad anual promedio de la misma fue del 8,09%.



Para poder analizar y entender la performance de dicha estrategia voy a comparar la rentabilidad obtenida con uno de los principales índices del mercado norteamericano, además de ser el activo subyacente de la estrategia, el índice S&P 500.

Desde 1997 a 2016, la rentabilidad anual promedio de este índice ha sido del 5,34%. Por lo tanto, con una estrategia de inversión como la CBOE S&P 500 PutWrite Index se hubiese obtenido una mayor rentabilidad que el principal índice del mercado norteamericano (en promedio un 2,75% más por año). En el siguiente gráfico se puede



observar las rentabilidades acumuladas de haber invertido un dólar en enero 1997 en la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index y el índice S&P 500 hasta diciembre 2016.

Como se exhibe en el gráfico, hasta marzo del 2000, haber invertido en el índice S&P 500 o en la estrategia PUT no había tenido grandes diferencias en términos de rentabilidad. Sin embargo, a partir de la crisis “punto com” (2001-2002) los rendimientos de ambas estrategias comenzaron a divergir<sup>32</sup>.

Para tener una comparación completa de la performance entre dos posibles inversiones es necesario evaluar el riesgo al que uno se encuentra expuesto en cada ellas. El riesgo de una estrategia se obtiene a partir del cálculo de la volatilidad. Como se ha visto en la sección anterior, a mayor volatilidad mayor es el rango de precios que tomarán los índices. En otras palabras, a mayor volatilidad los precios del índice subirán y bajarán más rápidamente que en un escenario de menor volatilidad y por lo tanto generarán un mayor riesgo al inversor dado que no podrá estimar cuál será su rentabilidad en el futuro.

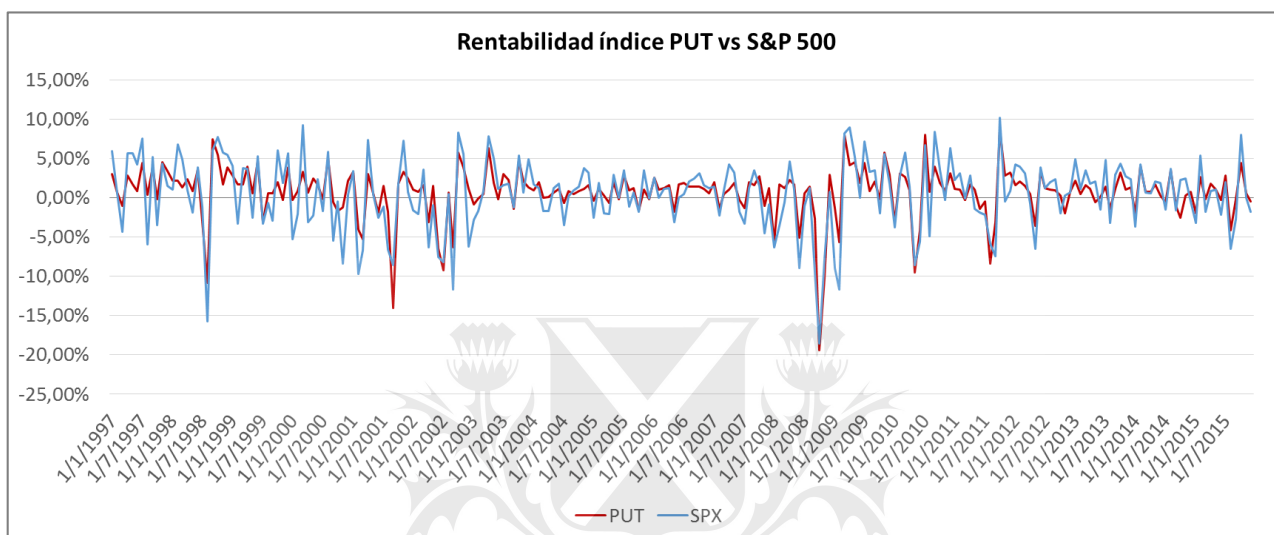
Durante el periodo 1997 a 2015 la volatilidad realizada promedio de la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index fue del 11,96% mientras que para el índice S&P 500 fue del 18,48%.

Con este último resultado, se puede decir que la estrategia de inversión PUT tuvo una mejor performance que el índice S&P 500 durante 1997 a 2015 ya que la rentabilidad fue superior y el riesgo (o la volatilidad) fue inferior.

---

<sup>32</sup> Ver Anexo: B).

A continuación, en el siguiente gráfico voy a examinar las rentabilidades del índice S&P 500 y de la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index. En él, se puede observar que el índice, que representa a las 500 empresas más grandes del mercado estadounidense, tiene mayores subidas de rentabilidad que la estrategia PUT ya que, esta última, tiene su ganancia limitada a la tasa de las T- Bills y las primas obtenidas por la venta de opciones, mientras que los ingresos del índice S&P 500 no se encuentran limitados.



Sin embargo, se puede observar que la rentabilidad del índice S&P 500 sufre caídas más pronunciadas que la estrategia PUT y esto se debe a que esta última amortigua sus pérdidas a partir de las primas obtenidas por la venta de opciones y la tasa obtenida por las T- Bills.

En conclusión, la estrategia de venta de opciones put tiene una mejor performance que el índice S&P 500 en épocas de estabilidad y caídas del mercado financiero. Solamente, cuando los precios se disparan, el índice S&P 500 tiene una mejor performance que la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index. Esto puede explicarse por el simple hecho de que en una estrategia PutWrite, el vendedor de opciones put adquiere una prima por cada venta y por lo tanto limita su ganancia a la cantidad de opciones vendidas.

### Fuentes de Rentabilidad

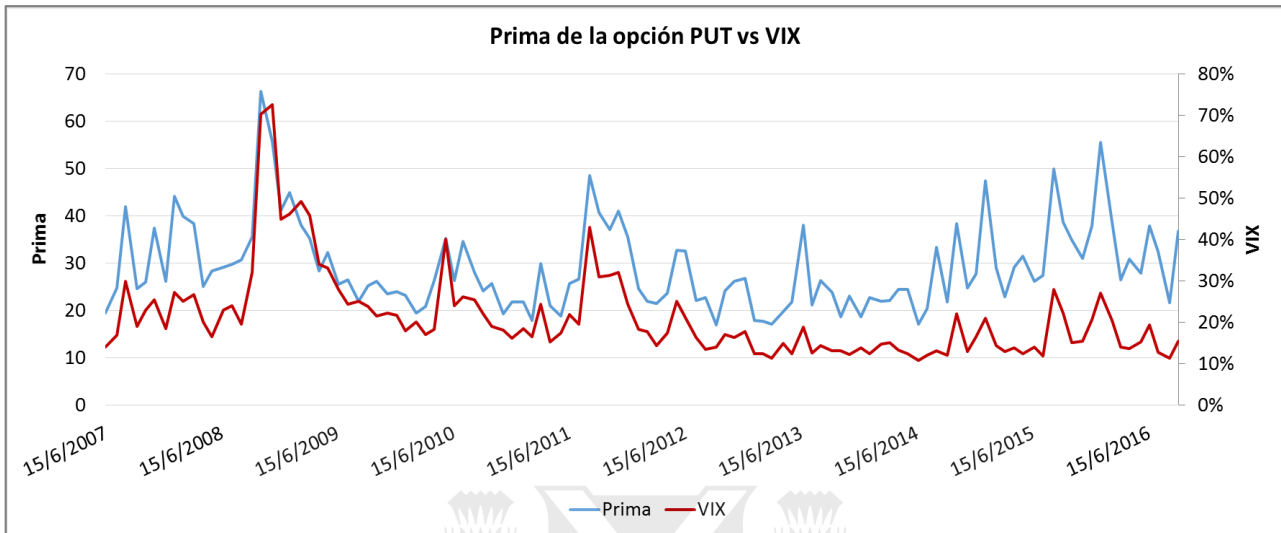
El resultado obtenido en la sección anterior, identificar una estrategia que obtenga una mayor ganancia con menor volatilidad que el índice S&P 500, llama la atención de

cualquier inversor y fue uno de los motivos que me empujó a analizar la estrategia PUT con mayor profundidad.

En este capítulo voy a intentar identificar cuáles son las fuentes del exceso de rentabilidad que se obtiene en la estrategia de inversión PUT comparado con su activo subyacente, el índice S&P 500. Para ello, me voy a basar en el trabajo de ENNISKNUPP (2008), que estudia este tema en profundidad.

Como se estudió en las secciones anteriores, la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index consiste en un vender a un mes opciones put “At the Money” sobre el índice S&P500 (SPX), cubierto por un portafolio compuesto por Letras del Tesoro de EEUU a uno y tres meses. A partir de esto, se puede identificar rápidamente posibles fuentes de rentabilidad de la estrategia: la tasa de interés obtenida por la inversión en T-Bills a uno y tres meses, las primas obtenidas por la venta de opciones put y la exposición al índice S&P 500 por el pago de la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio de mercado en los casos que las opciones sean ejercidas. Como indica ENNISKNUPP (2008), los rendimientos por las T-Bills y el impacto negativo de la exposición al índice S&P 500 son dos fuentes comúnmente conocidas por los inversores. Mientras que el retorno obtenido por la prima de las opciones vendidas representa una nueva fuente de rentabilidad. La prima, en realidad, está determinada por la volatilidad del mercado, es decir, cuanto mayor sea la volatilidad del activo subyacente, mayor será la prima debido a que el vendedor buscará una compensación a cambio de estar expuesto a un mayor riesgo, y el vendedor estará dispuesto a pagar una prima más alta a cambio de asegurarse contra una caída del mercado. Por lo tanto, se puede llegar a decir, que la rentabilidad obtenida por las primas es en realidad a partir de la volatilidad del mercado.

Para entender mejor este efecto voy a comparar el precio de venta de las opciones put (las primas) en cada *Roll Date* y la volatilidad implícita, representada por el VIX, entre junio 2007 y septiembre 2016.



En el gráfico se puede observar rápidamente que hay una correlación positiva (0,63) entre la prima y el VIX<sup>33</sup>. En otras palabras, a medida que el índice de volatilidad implícita aumenta, el precio de las opciones put también lo hace.

Este efecto puede explicarse por el mismo motivo que vengo repitiendo a lo largo del trabajo. Cuando la volatilidad implícita aumenta, significa que el mercado tiene una expectativa de alta volatilidad para el futuro, y por lo tanto la esperanza de que los precios de los activos caigan es mayor. A partir de este sentimiento, los inversores buscarán diferentes formas para protegerse de una eventual caída del mercado, y una de ellas es la compra de opciones put. Es por ello, que estarán dispuestos a pagar un extra para garantizarse cobertura ante el mercado.

Por el otro lado, una suba de la volatilidad implícita genera un efecto diferente en los vendedores de opciones. Una expectativa de alta volatilidad para el futuro significa que estarán expuestos a un mayor riesgo dado que la esperanza de que el mercado cruce los precios de ejercicio será mayor y por lo tanto se enfrentarán a mayores pérdidas. Para compensar esta suba del riesgo, los vendedores exigirán una prima mayor por garantizar cobertura contra riesgos del mercado.

<sup>33</sup> Ver Anexo: C)



A partir de estos dos efectos se puede comprender la relación entre la prima y el índice de volatilidad implícita que se observa en el gráfico anterior. Sin embargo, todavía no he podido identificar que esta suba de la prima se traduzca en una suba de la rentabilidad de la estrategia. Es más, si la volatilidad realizada del activo subyacente tiene el mismo comportamiento que lo que había especulado el mercado entonces la rentabilidad de la estrategia debe caer (las opciones son ejercidas y por lo tanto el vendedor de opciones debe salir a financiar la diferencia entre el precio del activo subyacente y el precio de ejercicio).

Como se ha visto en la sección anterior “Índices de Volatilidad”, la volatilidad implícita representada por el índice VIX, ha sido superior a la volatilidad realizada del índice S&P 500 en más del 80% de los meses desde enero 1997 a diciembre 2015 y con una diferencia promedio del 3,84%. Por lo tanto, se puede pensar que la diferencia entre la volatilidad implícita y la realizada es un fuente de rentabilidad de la estrategia ya que a obtendrá una prima a partir de la volatilidad implícita y deberá financiar la diferencia entre el precio del activo subyacente y el precio de ejercicio a partir de la volatilidad realizada.

Para poder verificar este efecto, voy a analizar, a partir de dos gráficos, la rentabilidad de la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index en relación con la diferencia entre volatilidad implícita y la volatilidad realizada del índice S&P 500.

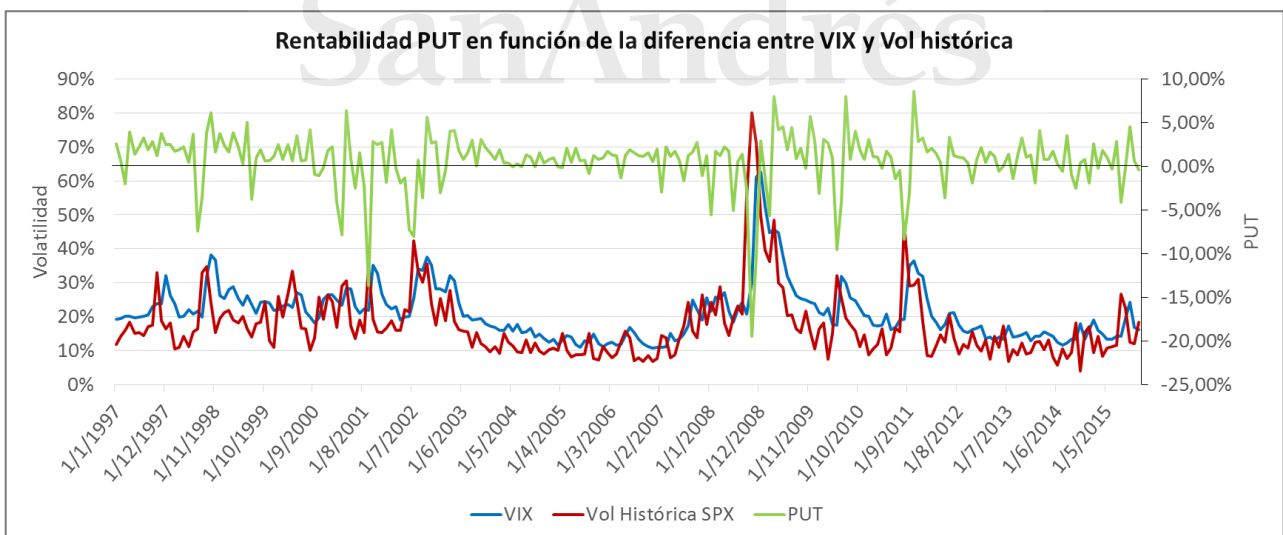


Gráfico 1, lineal: Volatilidad implícita, Volatilidad Realizada y rendimiento del PUT

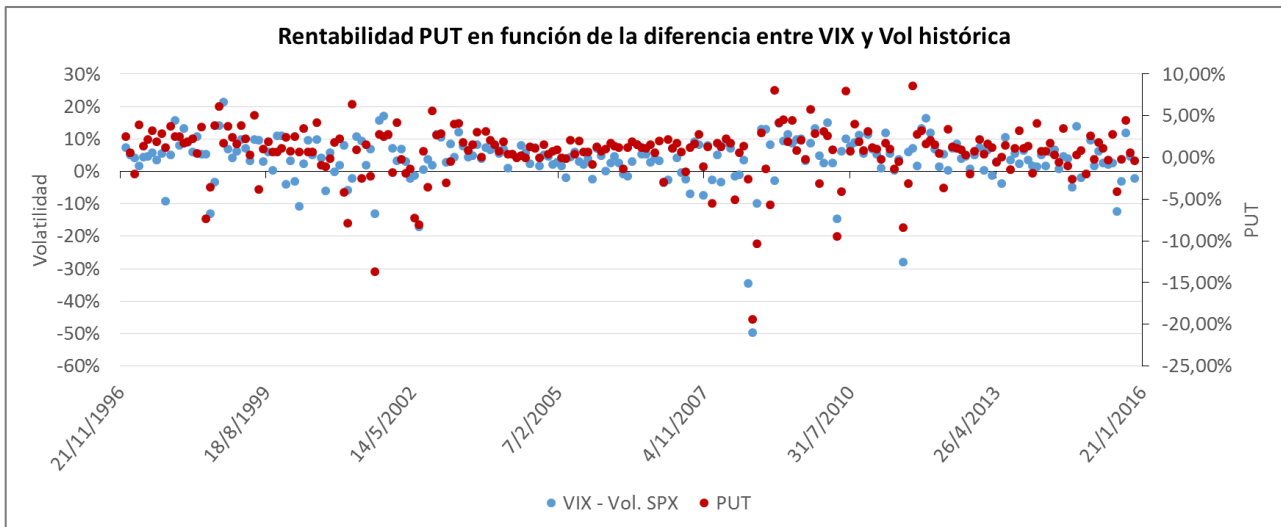
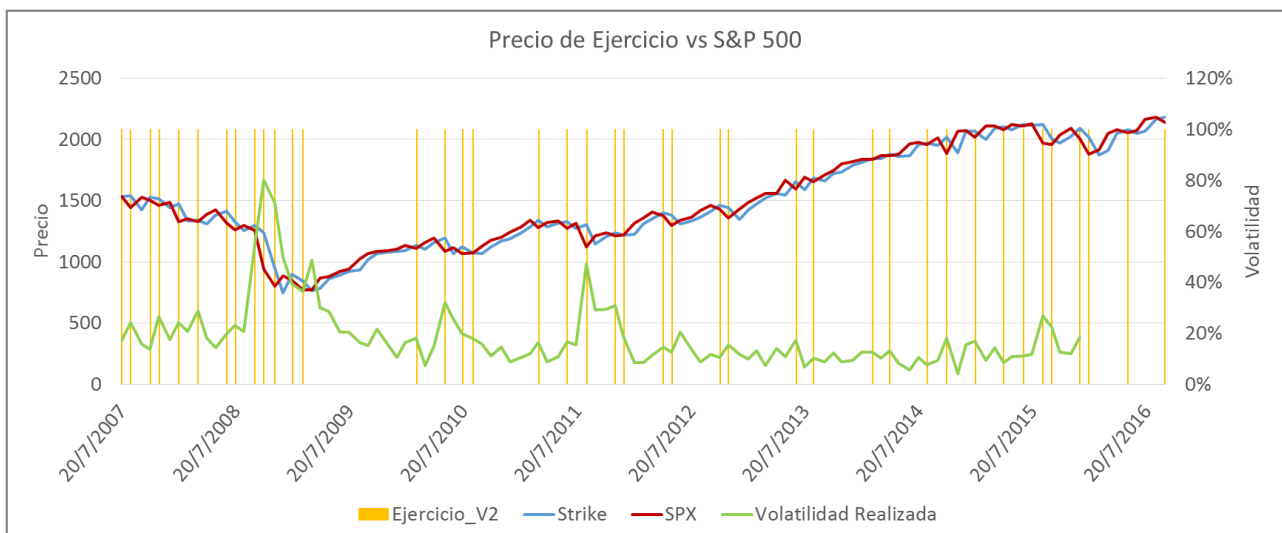


Gráfico 2, diagrama de dispersión: diferencia entre la volatilidad implícita y volatilidad realizada vs PUT.

En ambos gráficos se puede observar que la rentabilidad de la estrategia es positiva cuando la volatilidad implícita es superior a la volatilidad realizada. Inversamente, cuando la volatilidad realizada se encuentra por encima del índice VIX, los retornos de la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index toman valores negativos.

Asimismo, se puede observar en el gráfico 1, que la rentabilidad de la estrategia cae fuertemente cuando la volatilidad realizada sube rápidamente. Este efecto lo puedo visualizar en el siguiente gráfico “Precio de Ejercicio vs S&P 500” donde se exhiben, desde julio 2007 hasta septiembre 2016, los precios de ejercicio elegidos en la estrategia PUT (Strike), el índice S&P 500, la volatilidad realizada de este índice y cuando las opciones fueron ejercidas (columnas amarillas). En este periodo, las opciones fueron ejercidas un 36,8% de los meses y se corresponden a aumentos de la volatilidad realizada



del índice S&P. Como se puede observar las barras amarillas cortan, en su mayoría, un pico de la volatilidad realizada.

A partir de los tres últimos gráficos, puedo concluir y coincidir con Ennis, Knupp & Associates Inc. (2008), Jones et al (2011) y Cantillon y Hrad (2014) que la rentabilidad de la estrategia se encuentra determinada por la diferencia entre la volatilidad implícita y la volatilidad realizada del índice S&P 500.

A partir de este resultado, voy a proponer dos estrategias de entrada y salida del índice PUT, utilizando las volatilidades (implícita y realizada), con el objetivo de capturar las ganancias y evitar las pérdidas de la estrategia.

La primera estrategia que voy a intentar analizar consiste en invertir en la estrategia PUT cuando la volatilidad realizada del índice S&P 500 haya subido más del 50% en el mes anterior y que este descendiendo en el mes actual. La marca de salida de la estrategia ocurre cuando la volatilidad realizada vuelve a cortar al índice de volatilidad implícita. El funcionamiento de esta estrategia se basa en la dinámica de las volatilidades implícita y realizada.

Como se pudo observar en el gráfico 1 “Rentabilidad PUT en función de la diferencia entre el VIX y Vol Histórica”, la estrategia PUT toma valores positivos cuando la volatilidad implícita se mantiene por encima de la volatilidad realizada. Pero, también se pudo observar que la volatilidad realizada presenta picos altos pero luego cae rápidamente, mientras que la volatilidad implícita, representada por el VIX, sufre grandes subidas (picos) pero luego vuelve a su media lentamente. Del mismo modo, al tener un aumento del 50% de la volatilidad realizada, el precio de las primas de las opciones put, que justamente garantizan cobertura con caídas del mercado se disparaba. Por lo tanto, la estrategia que estoy proponiendo justamente utiliza esta diferencia de velocidades entre las volatilidades más los picos de los precios de las primas para capturar la rentabilidad de la estrategia PUT.

La performance de la estrategia de entrada y salida puede resumirse en la siguiente tabla:

Indicadores	Performance
<b>Porcentaje de ganancia</b>	93,58%
<b>Nro de operaciones</b>	14
<b>Nro de Operaciones ganadoras</b>	12
<b>Nro de Operaciones perdedoras</b>	2
<b>% de Operaciones ganadoras</b>	85,71%
<b>Promedio de ganancia por operación</b>	6,68%
<b>Mayor ganancia en una operación</b>	35,58%
<b>Mayor Perdida en una operación</b>	-5,53%
<b>Promedio Operaciones ganadoras</b>	8,56%
<b>Promedio Operaciones perdedoras</b>	-4,54%
<b>Ratio promedio ganancia / perdida</b>	1,89
<b>Retorno Anual</b>	4,93%

El retorno obtenido, a partir de la estrategia de entrada y salida fue del 4,93% anual bastante menor al 8,09% obtenido en la estrategia de Buy & Hold del índice PUT. Esto puede explicarse por el hecho que el retorno de la estrategia ante un aumento de la volatilidad realizada cae fuertemente pero instantáneamente al mes siguiente vuelve a subir, pero luego en el siguiente periodo, vuelve a su media y con una estrategia de entrada y salida de estas características, uno recién entraba cuando el retorno ya se encontraba en su promedio.

A partir del resultado obtenido, propuse una nueva estrategia que consiste en invertir en la estrategia PUT cuando la volatilidad implícita se encuentra por encima de la volatilidad realizada. La marca de entrada ocurre cuando la volatilidad implícita es superior a la volatilidad realizada y la marca de salida es la inversa, es decir, cuando la volatilidad realizada corta la volatilidad implícita. La diferencia con respecto a la estrategia anterior es que no hace falta que la volatilidad realizada aumente tanto (en la estrategia anterior era necesario un aumento del 50%) sino con que la volatilidad implícita esté por encima ya se podría estar obteniendo un retorno positivo.

La performance de la estrategia de entrada y salida puede resumirse en la siguiente tabla:

Indicadores	Performance
Porcentaje de ganancia	145,73%
Nro de operaciones	28
Nro de operaciones ganadoras	23
Nro de operaciones perdedoras	5
% de Operaciones ganadoras	82,14%
Promedio de ganancia por operación	5,20%
Mayor ganancia en una operación	35,58%
Mayor pérdida en una operación	-16,90%
Promedio operaciones ganadoras	8,09%
Promedio operaciones perdedoras	-8,08%
Ratio promedio ganancia / perdida	1,00
Retorno Anual	7,67%

Como se puede observar, esta segunda estrategia de entrada y salida obtiene una mejor performance que la estrategia anterior ya que el retorno anual es superior en 2,74% y el porcentaje de operaciones ganadoras sigue siendo superior al 80%. Sin embargo, en esta segunda estrategia, uno se encuentra más expuesto al riesgo dado que la mayor pérdida en una operación fue del 16,90% y el ratio promedio entre ganancia / perdida fue del 1,00.

## Riesgos asociados

A partir del estudio realizado en el capítulo anterior se ha podido identificar las fuentes de rentabilidad de la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index. Del mismo modo, se encontró que la estrategia tiene mayor rentabilidad y menor volatilidad que el índice S&P 500. Sin embargo, esto no significa que la estrategia no se encuentre expuesta a otros riesgos del mercado. En esta sección voy a basarme en los trabajos de Jones et al (2011)<sup>34</sup> y Cantillon y Hrad (2014)<sup>35</sup> para identificar los riesgos asociados a una estrategia de inversión PutWrite.

Las estrategias que involucran opciones raramente son inmunes a los riesgos de mercado que afectan a la mayoría las inversiones e incluso están expuestas a ciertos riesgos adicionales específicos de la venta de opciones. Según Jones et al (2011)<sup>36</sup> el

<sup>34</sup> Alex Jones, Kristen Tongberg, & Eric Winig; (2011): “The Benefits of Selling Volatility” Cambridge Associates LLC.

<sup>35</sup> AON HEWITT en 2014: “Harvesting the Equity Insurance Risk Premium: Know Your Options”

<sup>36</sup> Alex Jones, Kristen Tongberg, & Eric Winig; (2011): “The Benefits of Selling Volatility” Cambridge Associates LLC.

mayor inconveniente de esta estrategia es su exposición al mercado debido a su naturaleza de garantizar cobertura ante caídas del mercado. Esto significa que cuando el mercado cae la estrategia va a seguir el mismo camino. Aunque, este riesgo será parcialmente mitigado durante las crisis, donde ocurren picos de volatilidad, por la suba de los precios de las primas de las opciones, la experiencia es que durante estos periodos la estrategia tiene rendimientos negativos. En otras palabras, luego de una caída del mercado, la estrategia no ofrece un amortiguamiento contra posibles pérdidas adicionales y básicamente, seguirá el camino del mercado. Esto es debido a que una vez que el mercado cae por debajo del precio de ejercicio, las siguientes caídas serán en la misma proporción que las del activo subyacente.

Otro de los riesgos asociados a la estrategia PutWrite es que el inversor no tiene la posibilidad de salir de la inversión hasta no llegar al vencimiento de la opción, como si se puede realizar cuando se invierten sobre acciones. En efecto, el inversor se compromete a ofrecer cobertura ante el mercado hasta el vencimiento de la opción por lo que no puede acomodar su inversión ante una incipiente crisis y su rendimiento dependerá del precio del activo subyacente luego de un determinado tiempo.

Por otro lado, en el largo plazo, es posible que más inversores estén al tanto del exceso de rentabilidad que se obtiene en este tipo de estrategias y por lo tanto, decidan vender opciones. Este efecto cambiaría la dinámica de la oferta y la demanda y provocará una caída de las primas de las opciones y por lo tanto reducirá fuertemente los beneficios de vender sistemáticamente opciones.

A partir de lo estudiado en los capítulos anteriores, he podido entender cómo funciona la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index. En esencia, he podido verificar que la rentabilidad de la estrategia se encuentra determinada por la volatilidad del mercado. Esto puede explicarse dado que la principal fuente de la rentabilidad de la estrategia, la prima, se encuentra determinada por la volatilidad implícita del mercado, ya que a medida que la volatilidad implícita aumenta, mayores inversores demandarán opciones que ofrezcan cobertura y por lo tanto, este exceso de demanda provocará una suba del precio de las opciones. Sin embargo, para que esto se traduzca en rentabilidad es necesario que la volatilidad implícita se encuentre por encima de la volatilidad realizada ya que si esta última es superior significa que aumentará la probabilidad que el precio del activo subyacente cruce los precios de ejercicio y por lo tanto provoque pérdidas al

vendedor de la opción put, dado que deberá salir a financiar la diferencia entre el precio del activo subyacente y el precio de ejercicio.

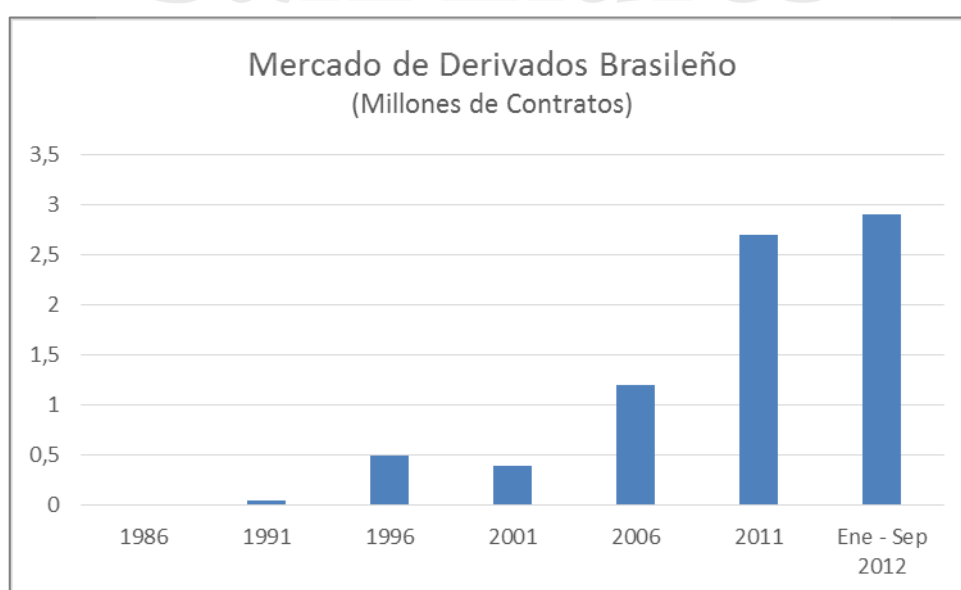
Como se ha evidenciado en la primera parte, en un mercado desarrollado como el estadounidense, la volatilidad implícita ha sido superior a la volatilidad realizada en más del 80% de los meses entre enero 1997 y diciembre del 2015 con una diferencia promedio del 3,84%.

En resumen, para poder determinar si una estrategia PutWrite como el CBOE S&P 500 PutWrite Index tiene una buena performance en un mercado hay que analizar la diferencia entre la volatilidad implícita y la volatilidad realizada.

## V. Brasil

¿Por qué Brasil?

Para poder analizar la performance de la estrategia CBOE S&P 500 PutWrite Index en un mercado emergente, elegí realizarlo en el mercado brasileño por una simple razón que llamó mi atención. El mercado de derivados brasileño durante los últimos años ha experimentado una gran expansión, que puede llevar a uno, a pensar que en el futuro este mercado tomará un rol cada vez más importante en la economía Latinoamericana. Esto se puede ver en el siguiente gráfico que se observa el volumen de contratos negociados en el mercado de derivados desde 1986 hasta septiembre 2012<sup>37</sup>.



<sup>37</sup> Fuente: Pinto, Edemir (2012): “La evolución del Mercado de derivados en Brasil”.

## Mercado Brasileño

El Mercado de Valores Brasileño tiene su mejor representación en el índice Bovespa. El mismo es un índice bursátil compuesto por las 50 compañías más líquidas que cotizan en la Bolsa de Valores de Sao Paulo. El Bovespa se construye a partir de los títulos de las empresas que suponen un 80% del volumen negociado en los últimos 12 meses y que fueron negociados por lo menos el 80% de los días de cotización. El cupo de las empresas participantes se revisa trimestralmente para mantener el grado de representación de todas las acciones negociadas en el mercado.

En el gráfico siguiente se exhiben los precios del índice Bovespa desde enero del 1997 hasta diciembre del 2015:



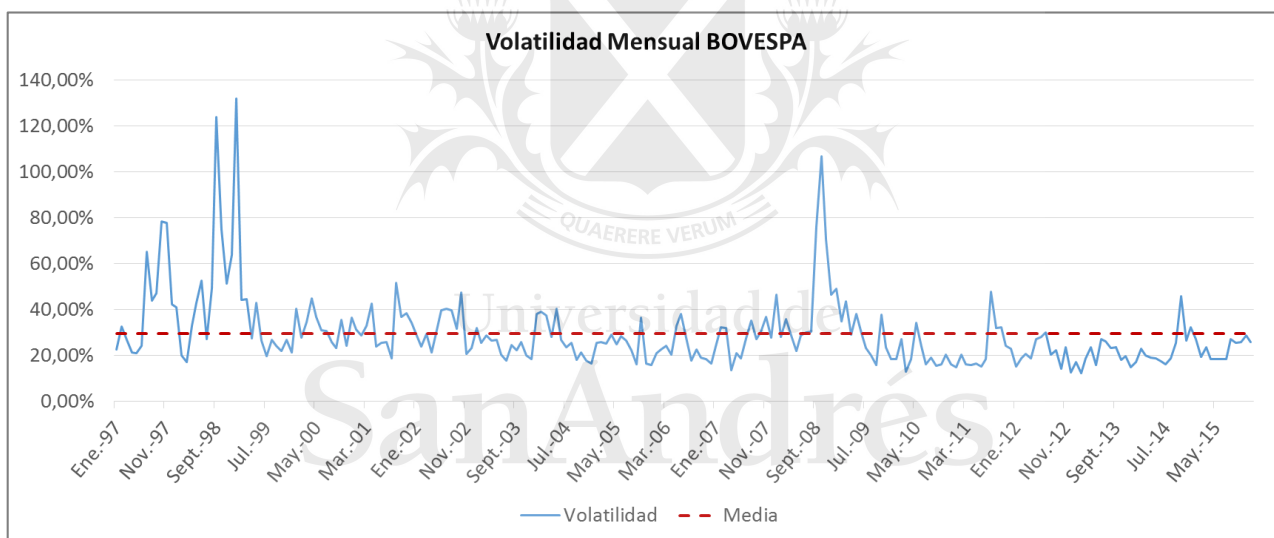
Al observar la cotización del índice Bovespa, se puede dividir en dos etapas. Una primera fase entre 1997 al 2008 donde el crecimiento del índice fue casi exponencial y luego desde 2008 hasta el 2015 donde la cotización ha ido descendiendo con fuertes variaciones del índice.

A partir de los datos de las cotizaciones del Índice Bovespa, se calculó la volatilidad mensual realizada y se obtuvo que desde enero 1997 a diciembre 2015 la volatilidad tuvo una media del 29,36%. Si se lo compara con la media de la volatilidad realizada del índice



S&P 500, el índice Bovespa presenta una volatilidad bastante superior al 17,16% del índice americano.

En efecto, que el mercado presente una alta volatilidad significa que existe una gran variación de precios del índice, por lo que los inversores tendrán mayores incentivos a asegurar sus portafolios ante eventuales caídas. Los precios de las opciones, por lo tanto, aumentarán por la suba en la demanda y debido a que los vendedores se verán implicados a asumir un riesgo superior, ya que la probabilidad de que el índice cruce los precios de ejercicio de las opciones será mayor (a mayor volatilidad mayor rango de precios posibles al vencimiento de la opción y por lo tanto mayor riesgo para el vendedor). Por lo tanto, uno espera que la volatilidad implícita del mercado brasileño sea mayor que la del mercado norteamericano y que su diferencia con la volatilidad realizada también lo sea.



A partir de lo estudiado anteriormente, una estrategia de inversión PutWrite como la CBOE S&P 500 PutWrite Index, se basa, principalmente, en la ganancia de una prima a partir de la diferencia entre la volatilidad implícita y real. Es decir, que para que la estrategia sea rentable, la volatilidad implícita debe ser mayor a la real sostenidamente en el tiempo. El grado del retorno de la estrategia dependerá en la diferencia entre estas volatilidades, ya que cuanto más grande sea la brecha entre la volatilidad implícita y la real, más grande será la prima de las opciones put vendidas y la probabilidad de que los precios del activo subyacente crucen los precios de ejercicio será menor a la expectativa del mercado.

En consecuencia para evaluar la performance de una estrategia como el CBOE S&P 500 PutWrite Index en un mercado es necesario analizar la diferencia entre la volatilidad implícita y la volatilidad realizada. Por lo tanto, se propone construir el índice de volatilidad implícita para el mercado financiero de Brasil (Bovespa), para luego compararlo con la volatilidad realizada del mercado brasileño.

## Calculo Volatilidad Implícita Índice Bovespa

Para construir el índice de volatilidad implícita del mercado brasileño, se utilizó como referencia la metodología del cálculo del VIX<sup>38</sup>, la cual se basa en la fórmula de Black-Scholes:

$$\sigma^2 = \frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2$$

Para poder realizar el cálculo, se recolectó información diaria de todas las opciones sobre el índice Bovespa con fecha de vencimiento a uno y dos meses, junto al precio de oferta y demanda, y el precio de cierre durante los meses de octubre y noviembre del 2016. También para poder realizar el cálculo es necesario contar con la tasa de interés libre de riesgo que se obtuvo a partir de la tasa BACEN SELIC. Dicha tasa es publicada por Banco Central de Brasil (BACEN) a partir del promedio de los tipos de interés interbancario calculado para el comercio de títulos gubernamentales con vencimiento a 1 día.

Una vez que se obtienen estos datos se puede dar comienzo a la primera etapa de la estimación de la volatilidad implícita, que consiste en calcular el valor futuro estimado del índice Bovespa (F) a partir del precio de las opciones:

$$F = \text{Precio de ejercicio} + e^{RT} * (\text{precio CALL} - \text{Precio PUT})$$

El precio de ejercicio será el precio para el cual la diferencia entre el precio de cierre de las opciones put y call sea el más chico. Una vez que se obtiene el valor futuro estimado, se obtiene el  $K_0$  que es el precio de ejercicio inmediatamente inferior a F.

<sup>38</sup> Chicago Board Options Exchange, White Paper (2014). The CBOE Volatility Index – VIX: The powerful and flexible trading and risk management tool from the Chicago Board Options Exchange.

A continuación, se seleccionan todas las opciones put que se encuentran con un precio de strike por debajo de  $K_0$  y que su oferta es diferente a cero. Una vez que dos opciones put consecutivas tienen oferta cero, se deja de seleccionar nuevas opciones. Luego se realiza la selección de opciones call que tiene un precio de ejercicio por encima de  $K_0$  y su oferta es diferente a cero. Una vez que dos opciones call consecutivas tienen oferta igual a cero, se deja de seleccionar opciones.

Para finalizar esta etapa, se calcula la contribución de cada opción put y call seleccionada a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i)$$

La segunda etapa del cálculo de la volatilidad implícita consiste en calcular la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2$$

Por último, se realiza la resta de lo obtenido en las dos etapas anteriores, es decir:

$$\frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2$$

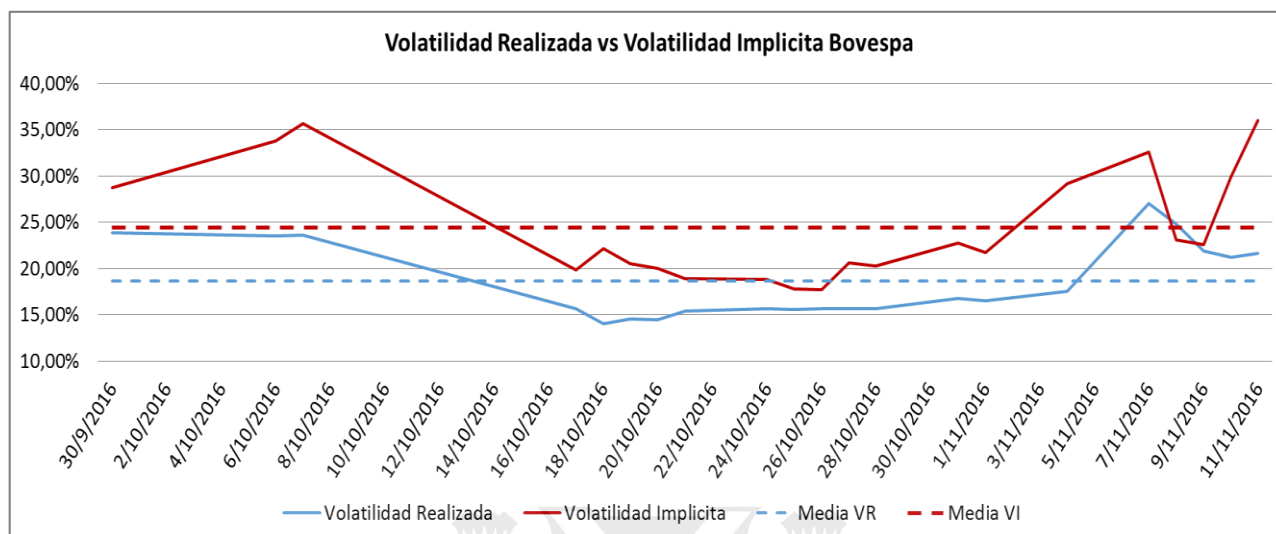
Esta última ecuación es igual a  $\sigma^2$  que es igual a  $\left(\frac{VI}{100}\right)^2$

Por lo tanto la volatilidad implícita será igual a:

$$VI = \sqrt{\frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2} * 100$$

**Volatilidad Implícita – Volatilidad Real**

En el siguiente gráfico voy a comparar la volatilidad implícita a un mes con la volatilidad realizada del índice Bovespa. El resultado de esta comparación me permitirá definir si la estrategia PutWrite es rentable en un mercado emergente como el del Brasil.



En el gráfico anterior se puede observar la volatilidad implícita a un mes del índice Bovespa junto a la volatilidad realizada del mismo índice desde el 30 de septiembre hasta el 02 de diciembre del 2016. Al analizar las curvas se puede observar rápidamente que la volatilidad implícita del índice Bovespa a un mes se mantiene por encima de la volatilidad real sostenidamente a lo largo del tiempo, con una media de 5,8 puntos porcentuales. Esto significa que el mercado tiene una expectativa de grandes caídas y subidas del índice, por ende los inversores estarían dispuestos a pagar una mayor prima para asegurar sus portafolios ante eventuales caídas del mercado.

Del mismo modo, el vendedor de opciones solicitará una prima mayor por las opciones vendidas para compensar el riesgo que está asumiendo al garantizar cobertura contra el mercado. En consecuencia, el vendedor de opciones put obtendrá una mayor ganancia por la obtención del premio al riesgo por el exceso de volatilidad implícita sobre la volatilidad realizada.

Por otro lado, si se compara la diferencia de las volatilidades (implícita – realizada) entre el mercado brasileño y el estadounidense, se puede observar que existe una mayor diferencia en el mercado brasileño (5,8% contra un 3,12%). Esto puede significar que, en caso de tener una misma o mayor tasa de interés libre de riesgo, la estrategia tendría una mayor rentabilidad en el mercado Brasileño.

Tal efecto se puede llegar a pensar que es debido, en los mercados emergentes, a la alta tasa de volatilidad realizada que sufren estos tipos de mercado, sumado a las grandes crisis que han sufrido en su historia, lo que puede llegar a provocar una previsión sesgada del futuro de la economía del país, generando una alta tasa de volatilidad implícita con respecto a la volatilidad realizada.

Finalmente, esta diferencia entre la volatilidad implícita y realizada, puede ser utilizada a partir de una estrategia de inversión como la CBOE S&P 500 PutWrite Index para obtener rentabilidad.

## VI. Conclusión

En este trabajo se intenta analizar la estrategia de inversión CBOE S&P 500 PutWrite Index en un mercado desarrollado y en un mercado emergente. Más específicamente, se estudia las características de la estrategia para poder realizar una estimación de su performance en un mercado emergente, y contrastarlos con los rendimientos obtenidos en el mercado desarrollado.

Al analizar las características de la estrategia, se puede observar que la misma, tiene tres fuentes de rentabilidad: la tasa de interés libre de riesgo, la exposición al mercado y, la más importante, la prima que se obtiene al vender las opciones put. Esta prima, en realidad, representa el pago por garantizar cobertura contra una posible caída del mercado y se encuentra determinada por el valor de la volatilidad implícita.

Sin embargo, los resultados del análisis indican que las épocas de mayor ganancia de la estrategia no ocurren cuando la volatilidad implícita aumenta, sino cuando la diferencia entre la volatilidad implícita y realizada es mayor.

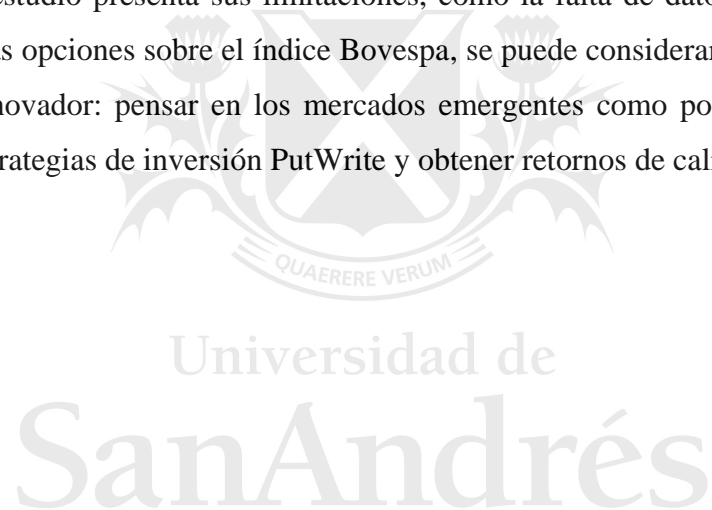
Por otro lado, la evidencia permite identificar que el principal riesgo asociado a la estrategia es su exposición al mercado debido a su naturaleza de garantizar cobertura ante caídas del mercado, por lo tanto, en épocas de crisis, la estrategia tiene retornos similares al mercado.

Para realizar el análisis de la estrategia en el mercado en vías de desarrollo, se opta por realizarlo en el mercado brasileño, a partir del gran crecimiento que ha tenido su mercado de opciones en los últimos años. Sin embargo, dicho mercado no cuenta con una

estrategia PutWrite como el CBOE S&P 500 PutWrite Index, por lo que se decide analizar la performance de la estrategia a través de la diferencia entre la volatilidad implícita y realizada de dicho mercado. Para ello, se construye el índice de volatilidad implícita a partir de los datos de las opciones sobre el índice Bovespa.

Al calcular la diferencia entre la volatilidad implícita y la volatilidad realizada del índice Bovespa durante los meses de octubre y noviembre del 2016 se obtiene una diferencia de 5,8 puntos porcentuales. Mientras que la diferencia entre volatilidades para el mercado desarrollado (EEUU), es de 3,1% para el periodo entre enero 1997 y diciembre 2015. Por lo tanto se puede concluir que una mayor diferencia entre las volatilidades en el mercado emergente permite pensar que la rentabilidad de una estrategia PutWrite tendría una mayor rentabilidad en el mercado emergente que en el mercado desarrollado.

Si bien, el estudio presenta sus limitaciones, como la falta de datos, a lo largo del tiempo, sobre las opciones sobre el índice Bovespa, se puede considerar que presenta un componente innovador: pensar en los mercados emergentes como potenciales lugares para generar estrategias de inversión PutWrite y obtener retornos de calidad.



## VII. Bibliografía

- Bondarenko, O. (2016). An Analysis of Index Options Writing with Weekly Rollover.
- Cantillon, A., Hrad, K., (2014). Harvesting the Equity Insurance Risk Premium: Know Your Options. Aon Hewitt, retirement and investment.
- Casanova, M., Medina, P., Palazzo, R., Rollandi, G., Mas, M., Rosa, A. (2002). Lecturas 5. Bolsa de Comercio de Rosario, Departamento de Capacitación. Capítulo 3: “Análisis de Volatilidad Implícita”.
- Castellanos, E. Venta de PUT (PutWrite). Estrategia con Opciones sobre acciones (I). INVERSIÓN. EnBolsa.
- Chicago Board Options Exchange, White Paper (2014). The CBOE Volatility Index – VIX: The powerful and flexible trading and risk management tool from the Chicago Board Options Exchange
- Chicago Board Options Exchange (2014). Methodology of the CBOE S&P 500 PutWrite Index
- Chicago Board Options Exchange (2009). Sources of CBOE PutWrite Index Returns.
- Demeterfi, K., Derman, E., Kamal, M., Zou, J. (1999). More than you ever wanted to know about volatility swaps. Goldman Sachs Quantitative Strategies Research Notes.
- EnnisKnupp (2008). Evaluating the Performance Characteristics of the CBOE S&P 500 PUTWRITE INDEX.
- Hull, J. (2002). Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. Pearson Educación SA. Capítulo 1: “Introducción”. Capítulo 7: “Funcionamiento de los mercados de opciones”. Capítulo 12: “Opciones sobre índices bursátiles y divisas”.

- Jones, A., Tongberg, K., Winig, E. (2011). Highlights from The Benefits of Selling Volatility. Cambridge Associates LLC
- Lamothe Fernandez, P. (1993). Opciones Financieras, un enfoque fundamental. Mc Graw Hill..
- McFarren, T. (2013). Investment Insights Volume 16, Issue 2. BlackRock.
- Picolla, G. (2008). Mercado de Derivados. Revista Opciones. Vol 2, Nro4.
- Pinto, Edemir (2012). La evolución del Mercado de derivados en Brasil.



Universidad de  
**San Andrés**



## VIII. Anexo

A) Regresión entre el volumen de opciones sobre el índice S&P 500 (destendenciado) y el VIX.

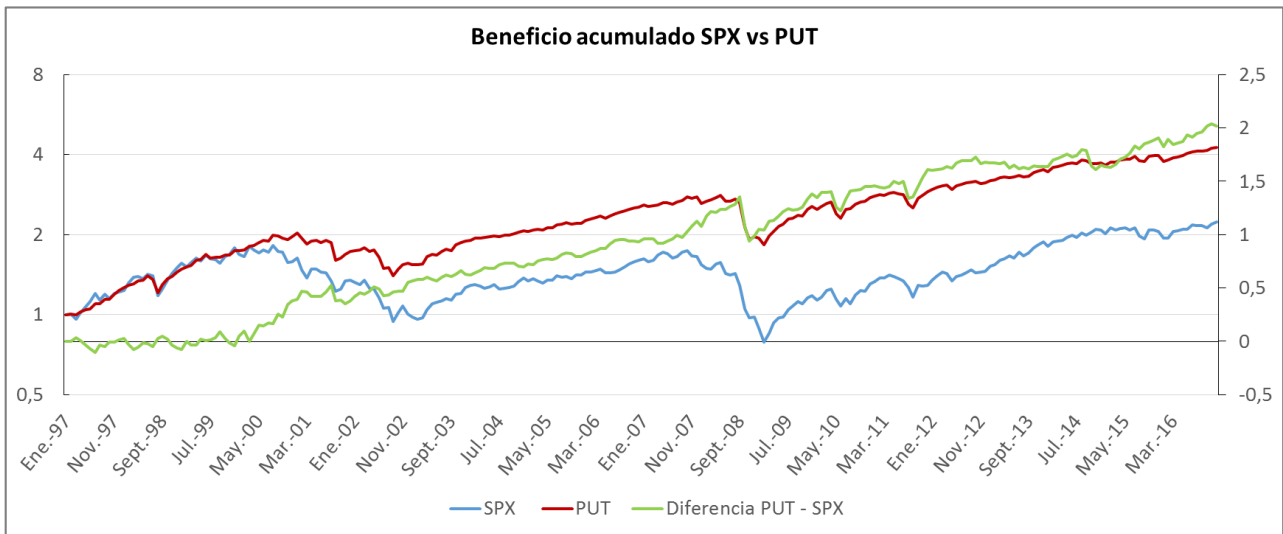
VARIABLES	(1) VIX
Volumen de Opciones SPX negociadas (destendenciado)	1.30e-08*** (2.17e-09)
Constant	0.177*** (0.00491)
Observations	75
R-squared	0.329

Standard errors in parentheses  
\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Donde el VIX es la variable dependiente y el volumen de opciones sobre el índice S&P negociadas es la variable independiente. La serie de datos utilizados son del periodo 1997 – 2015.

Universidad de  
**San Andrés**

B) Diferencia entre el beneficio acumulado índice S&P 500 vs índice PUT.



Universidad de  
**San Andrés**

C) Regresión entre la Prima de las opciones PUT y el VIX.

VARIABLES	(1) prima
VIX	63.09*** (5.619)
Constant	15.75*** (1.330)
Observations	112
R-squared	0.534

Standard errors in parentheses  
\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Donde la prima de las opciones PUT es la variable dependiente y el VIX es la variable independiente. La serie de datos utilizados son del período junio 2007 a septiembre 2016.

