



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Evaluación de los Márgenes Requeridos en un Mercado de Derivados de Energía Eléctrica

Kelly Maradey Angarita¹

Javier Orlando Pantoja Robayo²

Alfredo Trespalacios Carrasquilla³

Julio 2013

¹ Magíster en Finanzas de la Universidad EAFIT, Especialista en Bolsa y Banca de la Universidad de Antioquia e Ingeniera Financiera de la Universidad de Medellín. Profesional Financiera en Empresas Públicas de Medellín y docente en el Instituto Tecnológico Metropolitano. kellymaradey@gmail.com.

² PhD en Administración Universidad HEC EAFIT, Profesor de la Escuela de Economía y Finanzas, Universidad EAFIT. Dirige la Maestría en Ciencias en Finanzas en la Universidad EAFIT. jpantoja@eafit.edu.co.

³ Magíster en Finanzas de la Universidad EAFIT, Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia. Profesional Mercado Energía Mayorista en Empresas Públicas de Medellín y docente en EAFIT y en el Instituto Tecnológico Metropolitano. atrespal@eafit.edu.co.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Resumen

Los mercados de contratos futuros tienen como fortaleza la eliminación del riesgo de contraparte, para esto es importante el nivel de garantías que las cámaras de riesgo exigen a los participantes del mercado. Estas garantías deben cubrir las variaciones extremas del precio del producto, pero no deben ser excesivas porque reducen la cantidad de eventuales participantes en el mercado. En este trabajo se propone una metodología alternativa para la estimación de las garantías del mercado de futuros en energía eléctrica, como caso de estudio se presenta el mercado colombiano. Se realiza simulación de Montecarlo para evaluar las variaciones diarias que puede tener el precio de los futuros y se estiman medidas de riesgo con diferentes escenarios de Niño, días de tenencia y vencimientos. Se encuentra que la nueva metodología propuesta modifica sustancialmente los niveles de garantía, frente a la metodología actual de cálculo, adicionalmente, se enuncian los factores que alteran su definición.

Palabras claves: mercado de derivados de energía eléctrica, mercado spot de energía eléctrica, garantías, Valor en Riesgo, Valor en Riesgo Condicional.

Abstract

One of the strengths of futures markets is the elimination of counterparty risk, to accomplish this, it is important to consider the financial guarantees required by the clearing house to the market participants. These guarantees must cover all extreme variations of the product price but should not be excessive because they reduce the number of potential participants in the market. In this paper we propose an alternate methodology to estimate market guarantees in the electricity futures market, for the case study we present the Colombian market. We conducted a Monte Carlo simulation to assess the daily changes of the futures price and risk measures were estimated for different scenarios, tenure and maturity days under “El Niño” weather phenomenon. It is found that the proposed new methodology substantially modify guarantee levels, compared to the current methodology used to calculate financial guarantees, additionally, there is mention of the factors that alter its definition.

Key words: electricity futures market, electricity spot market, guarantees, Value at Risk, Conditional Value at Risk.

1. Introducción

Los mercados eléctricos presentan características diferentes a los mercados financieros, tal como lo explica Pilipovic (2007). Trespalacios, Rendón, & Pantoja (2012) plantean que quienes transan en el mercado de energía eléctrica están expuestos a riesgos que requieren un tratamiento diferente. Pantoja (2012) expone que la energía es un bien primario no almacenable, lo que no permite mantener un inventario como cobertura natural ante las fluctuaciones del precio spot y, por tanto, los agentes que transan en este mercado se exponen a riesgo de precio y de cantidad.

Luego de la liberación de los mercados a nivel mundial en la década de los 90, se utilizaron los contratos de largo plazo para el aseguramiento de los precios de compra y venta. La cobertura de estos riesgos se ha realizado, tradicionalmente, a través de la operación de contratos bilaterales, que como mencionan García, Gaviria, & Salazar (2011) generalmente son de tipo pague lo contratado y pague lo demandado. Estos contratos bilaterales, también identificados como contratos forward, son difíciles de deshacer y presentan riesgo crediticio, que puede incluso llevar a la discriminación de agentes del mercado.

Los contratos de futuros son una alternativa a los contratos bilaterales para acceder a cobertura financiera, que por su naturaleza estandarizada, forma de liquidación y presencia de una cámara de riesgo central de contraparte (CRCC), elimina el riesgo de crédito y brinda la posibilidad de aumentar la masa de posibles negociadores. El adecuado manejo de este riesgo y del nivel de liquidez del mercado dependerá de la selección del nivel de garantías realizado por la CRCC. La CRCC tiene la misión de compensar y actuar como contraparte central de las operaciones con el propósito de reducir o eliminar el riesgo de incumplimiento de las obligaciones derivadas de las mismas. Los modelos de estimación de garantías o márgenes utilizados por las cámaras tienen como objetivo cubrir posibles pérdidas derivadas de movimientos extremos en los precios de los activos subyacentes en un periodo específico de tiempo, tomando en cuenta la disminución del riesgo ocasionada por la diversificación, es decir, considerando las correlaciones entre los distintos grupos de productos del portafolio.

Las CRCC manejan varios tipos de garantías, las garantías ordinarias cubren en primera instancia el incumplimiento de un miembro y se subdividen en garantías iniciales y garantías diarias; y las garantías extraordinarias son requeridas a los miembros y terceros debido a circunstancias particulares como volatilidad, riesgo de las posiciones abiertas, normatividad y límites. El objetivo del procedimiento del cálculo de garantía diaria es estimar la pérdida máxima generada a nivel de cuenta por la toma de posiciones en los contratos que compensa y liquida la Cámara. Para el caso del mercado colombiano de futuros sobre energía eléctrica, la pérdida máxima está determinada por el tamaño de la fluctuación máxima o volatilidad del precio del subyacente en un horizonte de tiempo de dos días, el número de escenarios en los cuales se subdivide el análisis de dicha

fluctuación y las compensaciones entre posiciones contrarias para el conjunto de vencimientos de aquellos contratos que comparten las mismas condiciones del activo subyacente.

Así, es necesario anticipar los posibles cambios que puedan presentarse en el mercado de futuros para los diferentes productos que están abiertos, generalmente, las cámaras utilizan el precio del spot para analizar las posibles fluctuaciones asumiendo que la distribución de probabilidad de los cambios del spot es un estimador adecuado de la distribución de probabilidad de los cambios del precio de los futuros. Existen diversos estudios sobre la relación entre el mercado de futuros y el mercado de contado, realizados con el fin de determinar básicamente: la incidencia de un mercado en otro y el poder predictivo de los movimientos en los precios de un mercado en el otro.

Stoll y Whaley (1990) plantean algunas implicaciones en la relación entre el mercado de futuros de un índice y el mercado de contado bajo los supuestos de mercados eficientes: i) la varianza del mercado de contado es igual a la varianza del mercado de futuros, ii) los rendimientos contemporáneos de los precios del mercado de contado y de futuros están correlacionados perfecta y positivamente. De esta manera, se considera que las distribuciones de probabilidad del precio spot y del precio del futuro son iguales y por tanto la serie de precios del spot entrega información adecuada para la estimación de garantías del mercado de futuros. En el desarrollo de este trabajo se mostrará como este supuesto no se cumple en el mercado de energía eléctrica.

Con respecto a los modelos que son utilizados por las cámaras de riesgo para definir los niveles de garantías, Knott y Mills (2002) plantean algunos cuestionamientos como la insuficiente profundización en la forma que sigue la distribución de los cambios en los precios haciendo supuestos gruesos, como el supuesto de normalidad. Por un lado, la presencia de asimetría significativa en la serie de rendimientos implicaría la necesidad de exigir depósitos de garantía distintos tanto a comprador como a vendedor del contrato de futuro, por otro, la presencia de series leptocúrticas alertaría a la Cámara de un incremento en la probabilidad de que se den movimientos extremos en los precios que lleven a un agotamiento de los depósitos exigidos.

En este trabajo se propone una metodología alternativa para la estimación de las garantías del mercado de futuros en energía eléctrica, como caso de estudio se presenta el mercado colombiano. Para desarrollar este objetivo se realiza simulación de montecarlo para evaluar las variaciones diarias que puede tener el precio de los futuros teniendo en cuenta características particulares del mercado de energía eléctrica, como lo son el impacto de fenómenos climáticos, la prima de riesgo y la reversión a la media. También, se estiman las posibles pérdidas derivadas de movimientos extremos en los precios del contrato futuro en un periodo específico de tiempo y se presenta propuesta de niveles de garantía para una cobertura de 5 días, teniendo en cuenta que

dicho depósito deberá mantener un equilibrio entre unos costos de oportunidad bajos para el usuario de los contratos de futuro y una elevada protección de la cámara ante movimientos adversos de los precios, como es el caso de un Fenómeno de Niño.

En la segunda sección de este trabajo se presenta una descripción de los mercados de energía eléctrica, así como las diferencias entre estos mercados y los mercados financieros. En la tercera sección se hace una descripción de la metodología con la que se abordó la investigación. En la sección cuatro se describe el movimiento del precio forward en mercados financieros y su relación con el precio spot, se presenta el modelo matemático del precio de contratos forward para mercados eléctricos y su ecuación de recurrencia. En la sección cinco se presentan los indicadores de riesgo utilizados y la sensibilidad a los parámetros de modelación. En la sección seis aparecen los resultados obtenidos para el mercado colombiano, para luego plantear el esquema de garantías propuesto para dicho mercado. Finalmente, en el capítulo siete se presentan las conclusiones de la investigación.

2. Mercado de energía

Pilipovic (2007) plantea razones por las que el mercado de energía se diferencia de los mercados financieros, en primer lugar, el mercado de energía responde a la interacción dinámica entre la generación, almacenamiento, transmisión, uso, compra y venta de un producto con entrega real, que genera un comportamiento más complejo en el precio evidenciado por la presencia de saltos, fuerte reversión a la media, volatilidades mayores, estacionalidad y existencia de un rendimiento de conveniencia o costo de oportunidad por mantener la producción parada o en espera energía disponible. El mercado de energía eléctrica responde diferente a los ciclos económicos y fundamentales de la oferta y la demanda, presenta una reversión a la media más fuerte que corresponde a que tan rápido la oferta de energía puede reaccionar a “eventos” del mercado como guerras o sequías.

Adicionalmente, este mercado presenta restricciones en la capacidad de producción y almacenamiento, que generan volatilidades superiores en el spot, sin embargo, en el precio del futuro la volatilidad disminuye a mayores vencimientos debido a la expectativa de que la oferta y la demanda se balanceen en largo plazo. Esto genera lo que se conoce como *Split Personality* y hace referencia a que el tramo corto de la curva forward refleja la energía actualmente almacenada, mientras que la parte larga refleja las expectativas de estabilidad del sistema.

Fenómenos climáticos como El Niño, elevan además los costos de producción de la energía ya que se demanda más producción térmica. En últimas el mercado de energía está influenciado por condiciones de corto plazo como el almacenamiento, y de largo plazo como la oferta potencial futura de energía.

Pantoja (2012), en su estudio *Modelling Risk for Electric Power Markets*, encontró evidencia de que los agentes del mercado de energía pagan una prima que depende de la capacidad futura de producción de energía eléctrica, aun en condiciones debidas a fenómenos climáticos como El Niño. Esta prima está definida por las expectativas de los agentes sobre la generación futura y es un reflejo del grado de aversión al riesgo y representa el propósito de asegurar un precio sobre una cantidad incierta de electricidad a futuro.

Cabe mencionar que el *principio de no arbitraje* es cuestionable en el mercado de futuros sobre energía eléctrica. En condiciones normales, sería indiferente: entrar en un contrato a futuro con vencimiento en T o comprar hoy el activo y mantenerlo hasta T, dado que ambas situaciones tienen el mismo *payoff* en T y podría estimarse el precio del futuro a partir del precio spot llevándolo a valor futuro con una tasa que corresponde al costo de tenencia – *costo of carry*. Sin embargo, en el mercado de energía la oferta está limitada por el volumen y existen restricciones de almacenamiento y transporte, por lo que ambas situaciones no tendrían el mismo *payoff* en T, caso en el que el precio del futuro sería equivalente al precio spot ajustado por una prima de riesgo.

En este trabajo se evalúa si los depósitos de garantía exigidos en el mercado de futuros de energía eléctrica en Colombia son o no excesivos, para lo que se estiman las posibles pérdidas derivadas de movimientos extremos en los precios del contrato futuro en un periodo específico de tiempo, teniendo en cuenta características particulares del mercado de energía eléctrica, como lo son el impacto de fenómenos climáticos, la prima de riesgo y la reversión a la media. Dicho depósito deberá mantener un equilibrio entre unos costos de oportunidad bajos para el usuario de los contratos de futuro y una elevada protección de la cámara ante movimientos adversos de los precios.

3. Metodología

La metodología seguida para evaluar si los depósitos de garantía exigidos en el mercado de futuros de energía eléctrica en Colombia son o no excesivos, consta de las siguientes etapas:

Primera, simulación del movimiento del precio a plazo de la energía eléctrica mediante el siguiente modelo, que incorpora características como la reversión a la media, la prima de riesgo y el fenómeno del Niño:

$$dF_{t,T} = -\alpha k \cdot e^{-k(T-t)} dt + \sigma \cdot e^{-k(T-t)} dw_t$$

En donde,

- α es la prima de riesgo de contratos de largo plazo, *Long-Term Forward Risk Premium*.
- κ es la velocidad de reversión a la media, $\kappa > 0$.
- σ es la volatilidad del precio spot de la energía eléctrica.
- dw es el diferencial de un movimiento browniano.

Segunda, estimación de la pérdida máxima potencial derivada de movimientos extremos en el precio forward de la energía eléctrica en un periodo específico de tiempo. Se estiman diferentes modelos para medir el riesgo, estos son: Valor en Riesgo (VaR), Valor en Riesgo Condicional (CVaR). El objetivo es medir la volatilidad a la que estaría expuesta la Cámara de Riesgo con un nivel de confianza del 99%, y sobre la cual debería basarse para estimar las garantías exigidas a los agentes que participan en el mercado.

Tercera, validación de que la garantía exigida en el mercado de futuros sobre energía eléctrica “garantice” las posibles pérdidas dado el riesgo de mercado al que se expone el agente.

4. Precio spot y futuro

Es ampliamente aceptado en la literatura que el precio de activos financieros como acciones, se mueve de acuerdo con un Movimiento Browniano Geométrico (MBG). Bachelier (1900) en su tesis doctoral, Teoría de la Especulación, introduce el movimiento browniano para modelar precios de activos bursátiles y valorar algunas opciones cotizadas en aquella época en la bolsa de valores. Black, Scholes y Merton (1973) resolvieron el problema de valoración de una opción europea bajo el supuesto de que los precios de las acciones evolucionan de acuerdo a un Movimiento

Browniano. Si se asume que el precio spot S_t de un activo financiero se mueve siguiendo un MBG la ecuación diferencial estocástica que gobierna su movimiento es la que se presenta a continuación, donde dW_t corresponde al diferencial de un proceso de Wiener, u y S son constantes y representan los parámetros de tendencia y volatilidad respectivamente.

$$\frac{dS_t}{S_t} = u \cdot dt + \sigma \cdot dw_t \quad (1)$$

(Hull, 2008) muestra cómo el precio de los contratos de futuros transados en el momento t con vencimiento en T , de productos sobre los que no existe posibilidad de arbitraje y son almacenables, asumiendo tasa de interés constante, están dados por la relación:

$$F_{t,T} = S_t \cdot e^{r \cdot (T-t)} \quad (2)$$

Se puede demostrar aplicando lema de Itô, como lo hace Venegas (2008), que la ecuación diferencial estocástica que gobierna el precio de los contratos de futuro para activos financieros que cumplen con el supuesto del MBG es:

$$\frac{dF_{t,T}}{F_{t,T}} = (u - r) \cdot dt + \sigma \cdot dw_t \quad (3)$$

Que corresponde así como en el caso del spot, con un movimiento browniano geométrico con la misma volatilidad del activo subyacente aunque que con un parámetro de tendencia menos marcado siempre que la tasa de interés libre de riesgo sea positiva. Así, si se desea hacer estimaciones acerca de la volatilidad de los precios de contratos futuros sobre activos como las acciones, puede ser indiferente analizar la volatilidad de estos o la del precio subyacente, contrario a lo que ocurre en la energía eléctrica. El precio spot de mercados eléctricos, presenta entre otras características, patrones de reversión a la media y estacionalidad. Estas características no pueden ser captadas por la dinámica de un movimiento browniano geométrico.

Geman & Roncoroni (2003) proponen una serie de procesos para modelar el precio spot incluyendo parámetros de saltos y calibran dicho modelo en los tres mercados energéticos más importantes de Estados Unidos. Para este trabajo se considera el modelo de precio spot propuesto por Lucia & Schwartz, (2002), el cual ha sido calibrado para el mercado colombiano por Trespalacios, Rendón, & Pantoja (2012) y Maya & Gil (2008) que igualmente logra describir la dinámica de otros mercados a nivel internacional. Así, el precio spot estará dado por la siguiente ecuación, donde κ corresponde a la velocidad de reversión a la media, σ la volatilidad instantánea del precio y $f(t)$ corresponde a una función determinística del precio donde se incluyen, entre otros, la estacionalidad del precio.

$$dP_t = k(b(t) - P_t).dt + \sigma.dw_t \quad (4)$$

$$b(t) = -\frac{1}{k} \cdot \frac{d}{dt} \cdot f(t) + f(t) \quad (5)$$

Si se considera la información disponible hasta t , el valor esperado del precio spot en T , está dado por la siguiente expresión:

$$E_t[P_T] = f(T) + (P_t - f(t)) \cdot e^{-k(T-t)} \quad (6)$$

Considerando que el precio de los contratos con entrega a futuro corresponde al valor esperado del precio spot ajustado por riesgo (seleccionando una medida neutral al riesgo), (Lucia & Schwartz, 2002) muestran cómo el precio de entrega del contrato forward de energía eléctrica con vencimiento en T , negociado en t corresponde con la expresión:

$$F_{t,T} = f(T) + (P_t - f(t)) \cdot e^{-k(T-t)} + \alpha \cdot (1 - e^{-k(T-t)}) \quad (7)$$

Donde α corresponde a la prima de riesgo de largo plazo del mercado. Para identificar la prima de riesgo que el mercado está cobrando (FRP por las siglas en inglés de *Forward Risk Premium*), basta con tomar la diferencia entre las dos ecuaciones anteriores. Encontrándose que la FRP tiene un valor máximo de alfa cuando el período al vencimiento tiende al infinito, esto es cuando se presenta que $(T-t) \rightarrow \infty$ y que es cero cuando $T=t$.

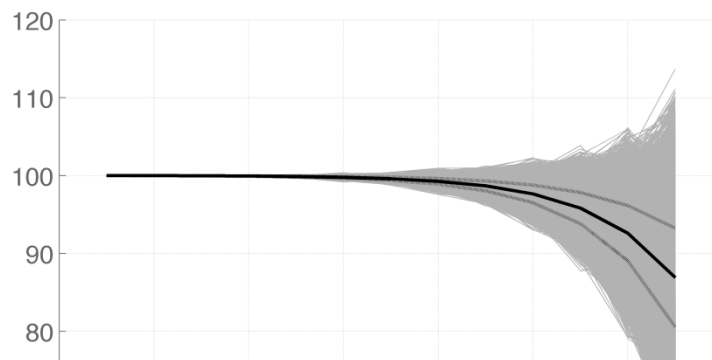
$$FRP_t = F_{t,T} - E_t[P_T] \quad (8)$$

$$FRP_t = \alpha \cdot (1 - e^{-k(T-t)}) \quad (9)$$

A partir de la relación (7) y aplicando Lemma de Itô, (Trespalacios, Rendón, & Pantoja, 2012) encuentran que el movimiento del precio forward de energía eléctrica, es gobernado por la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$dF_{t,T} = -\alpha k \cdot e^{-k(T-t)} dt + \sigma \cdot e^{-k(T-t)} dw_t \quad (10)$$

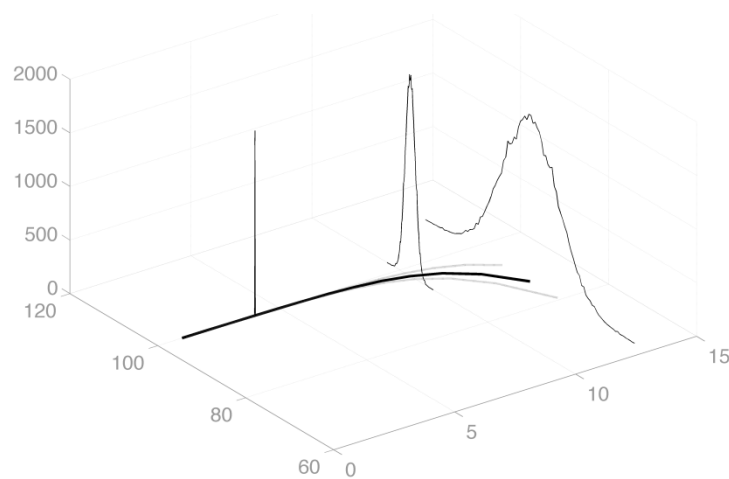
Cuya expresión no tiene la misma forma que la ecuación diferencial propuesta para el precio spot. En la componente estocástica, se aprecia cómo la volatilidad instantánea del precio spot es constante σ , mientras que para el precio del contrato forward cambia con el tiempo $\sigma \cdot e^{-k(T-t)}$. En la gráfica 1 se presenta una simulación de diez mil trazas construidas con la ecuación (10), para un vencimiento de 12 meses, un valor de α de 15 y los parámetros correspondientes para el mercado colombiano que aparecen en el anexo de este trabajo.



Gráfica 1. Simulación ecuación diferencial del futuro de energía.

En la gráfica 2 se muestra la misma simulación, solo que esta vez se presenta en el eje z, la frecuencia de los histogramas del precio. Como lo explican Trespalacios, Rendón, & Pantoja (2012), la volatilidad del precio forward será menor que la volatilidad del spot.

De esta manera, las conclusiones que se puedan obtener analizando la variabilidad de los precios spot históricos no necesariamente corresponderán a las conclusiones que se obtendrían si se analiza la variabilidad de los precios forward. Se sugiere revisar la metodología actual que la cámara de riesgo colombiana realiza, toda vez que sus análisis de riesgo están basados en el comportamiento del precio spot de la energía eléctrica.



Gráfica 2. Simulación ecuación diferencial del futuro de energía y frecuencia histogramas.

Los métodos de Montecarlo están basados en la analogía de probabilidad y número de ocurrencia de valores obtenidos de experimentos aleatorios. Consiste en la realización de ensayos y medición de los resultados, según Glasserman (2003) la ley de los grandes números asegura que la estimación de los estadísticos encontrados converge a la solución real a medida que el número de ensayos aumenta. En este trabajo, se realiza el cálculo a partir de simulación de Montecarlo, para esto deben representarse las relaciones de las variables en tiempo discreto.

Partiendo de la ecuación diferencial estocástica (10), se obtiene la ecuación de recurrencia de tiempo discreto que se presenta a continuación:

$$F_{t+\Delta t, T} = F_{t, T} + \Delta F_{t, T}$$

$$\Delta F_{t, T} = -\alpha \cdot k \cdot e^{-k(T-t)} \cdot \Delta t + \sigma \cdot e^{-k(T-t)} \Delta W_t \quad (11)$$

Donde,

$$\Delta W_t = \sqrt{\Delta t} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t \sim N(0,1)$$

Para la generación de un paso nuevo, es necesaria la generación de un número aleatorio que provenga de una distribución normal estándar, este número está representado con ε_t , los demás parámetros requeridos para la simulación deben ser seleccionados de tal manera que se presente coherencia entre sus valores y las medidas de tiempo seleccionadas.

5. Medición del riesgo

El proceso de estimación de la garantía, parte de la medición de los cambios en el precio de contratos de futuros sobre energía eléctrica para diferentes vencimientos y en un horizonte de d días.

Si se considera un agente que acaba de realizar una transacción de compra de un contrato de futuros con vencimiento T meses adelante, el rendimiento de su estado de pérdidas y ganancias para los próximos d días, estará dado por ψ_d^T .

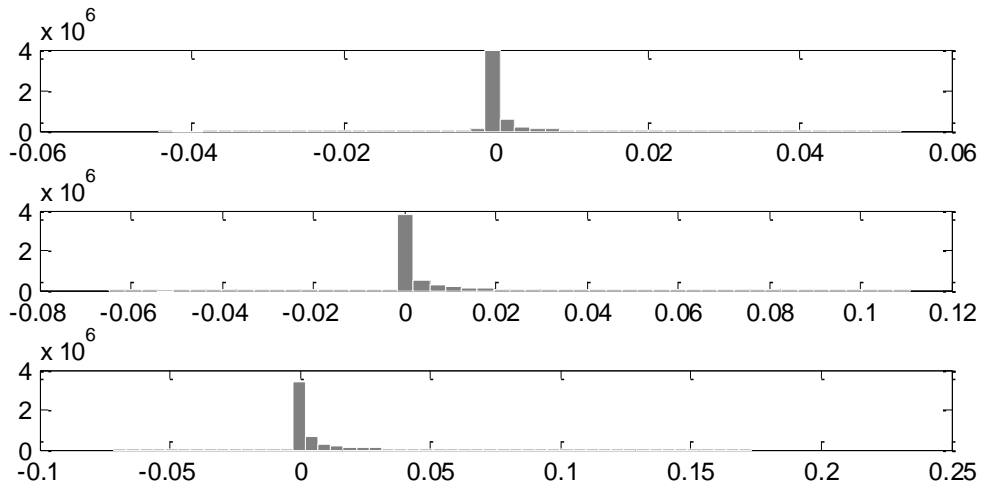
$$\psi_d^T = \ln(F_d) - \ln(F_0) \quad (12)$$

Donde:

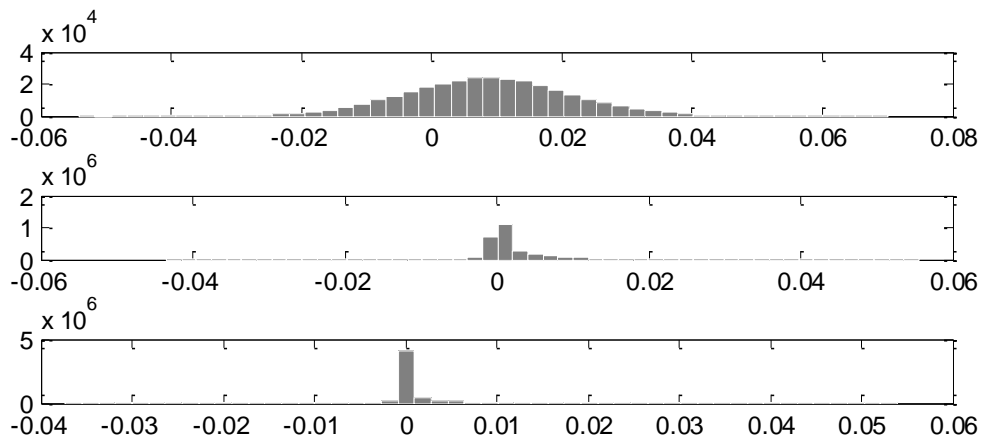
F_0 : es el precio de los contratos de futuro con vencimiento en el mes T, valorado el día inicial. Corresponde a una variable determinística y la entrega el mercado.

F_d : es el precio de los contratos de futuro con vencimiento en el mes T, valorado el día d. Corresponde a una variable aleatoria.

\ln : corresponde al operador de logaritmo natural.



Gráfica 3. Histogramas de ψ_d^T para T = 18 meses y d = 1, 15, 30 días.



Gráfica 4. Histogramas de ψ_d^T para T = 1, 9, 18 meses y d = 1 día.

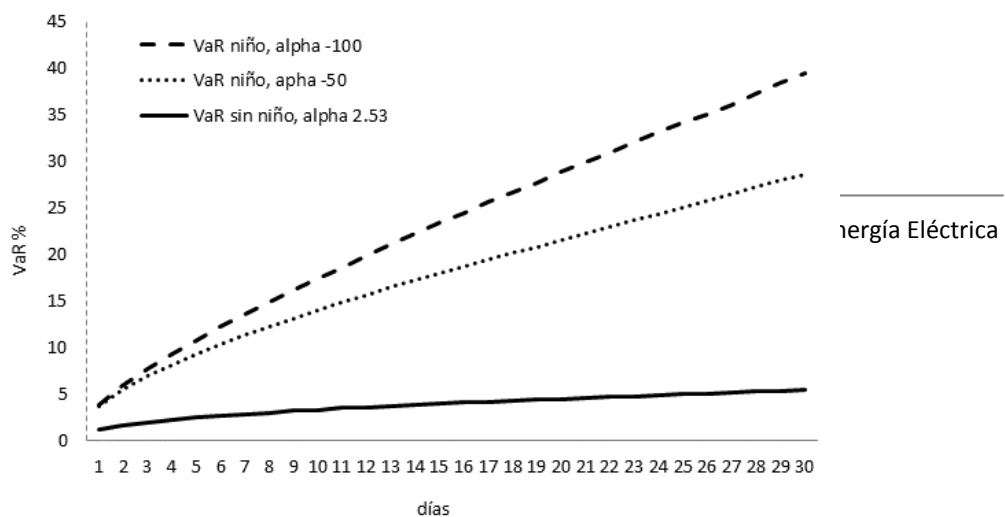
En las gráficas 3 y 4 se observa que conforme se espera que el agente mantenga por más tiempo la posición, esto es un aumento en d, la volatilidad esperada del flujo de caja del inversionista será más alta. Sin embargo, debido a las características del precio forward, conforme aumenta T no se incrementa la volatilidad de ψ_d^T . Estas características explican que para contratos con vencimiento más lejano se requerirán menores márgenes de garantía, como actualmente está definido por la cámara. Así mismo, conforme la cámara quiera cubrir un periodo de días mayores con la posición abierta, se requerirá un mayor nivel de garantías.

Con el objetivo de medir la volatilidad a la que estaría expuesta la Cámara de Riesgo con un nivel de confianza del 99% y para un horizonte de d días, se estiman los siguientes modelos:

5.1. Valor en Riesgo, VaR

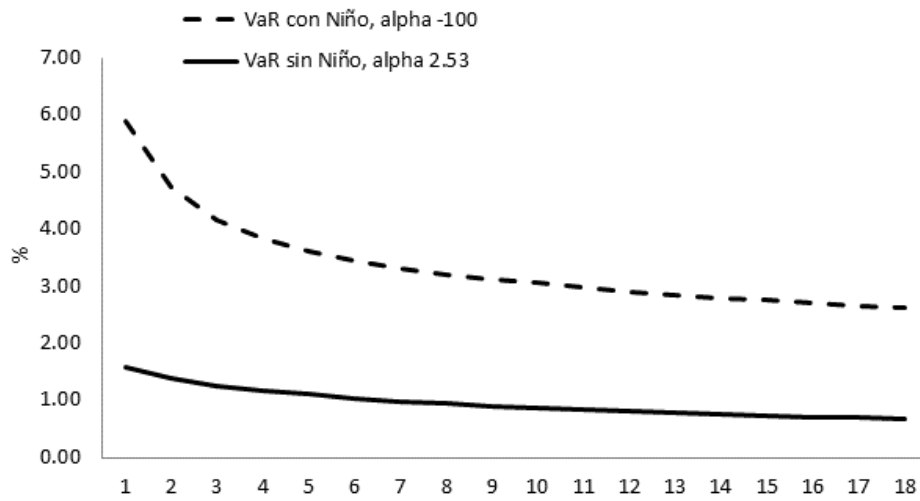
De acuerdo con (Meucci, 2007), la medida de VaR es bastante popular entre los profesionales de la gestión de riesgo, especialmente luego de los acuerdos de Basilea. El VaR para un nivel de confianza dado, puede calcularse como el cuantil correspondiente de los rendimientos del flujo de caja de un inversionista. Considerando que la cámara de riesgo debe considerarse como un agente altamente averso al riesgo, para este trabajo se considera un nivel de confianza del 99%, para lo cual el VaR corresponderá al percentil 1 de la distribución de probabilidad de ψ_d^T .

En la gráfica 5 se presenta cómo se modifica el VaR (en eje y) para una posición que se mantiene un número de días d (en eje x) en una posición en contratos con periodo de vencimiento de un mes y cuando la prima de riesgo de largo plazo es modificada. Se aprecia como a medida que una posición se mantiene en el tiempo, el VaR de la inversión es más alto.



Gráfica 5. VaR sensibilizado por prima de riesgo y número de días.

Se encuentra, adicionalmente, que el aporte marginal al VaR por el aumento del número de días depende de la prima de riesgo de largo plazo considerada, es así como deben considerarse casos extremos para primas de riesgo y no conformarse con un análisis de prima de riesgo promedio histórico. Para los valores con los que se construyen estas sensibilidades se consultó con especialistas del sector eléctrico acerca de posibles valores de alfa para casos extremos (durante un evento El Niño).



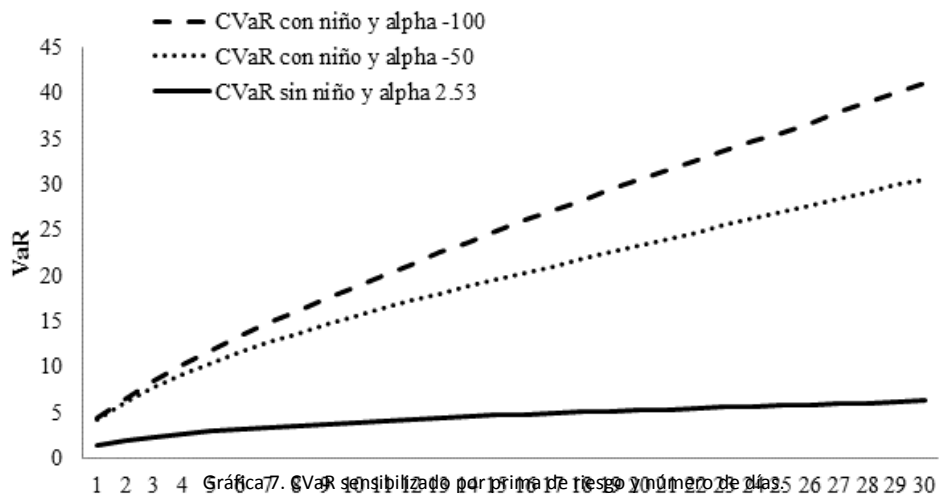
Gráfica 6. VaR para 2 días sensibilizado por prima de riesgo y vencimiento.

En cuanto a la dependencia de este indicador de riesgo y el periodo de vencimiento se aprecia que existe una relación inversa. Un contrato que tiene un periodo de vencimiento mayor, tiene un VaR menor y así, coherente con la definición actual de los límites por parte de la CCRC, a los contratos con periodos de vencimiento mayores deben exigírsele un menor nivel de garantías que a los

contratos con periodos de vencimientos menores, ya que un incremento en el vencimiento del contrato no incrementa la volatilidad del rendimiento del estado de pérdidas y ganancias del agente debido a las características del precio futuro.

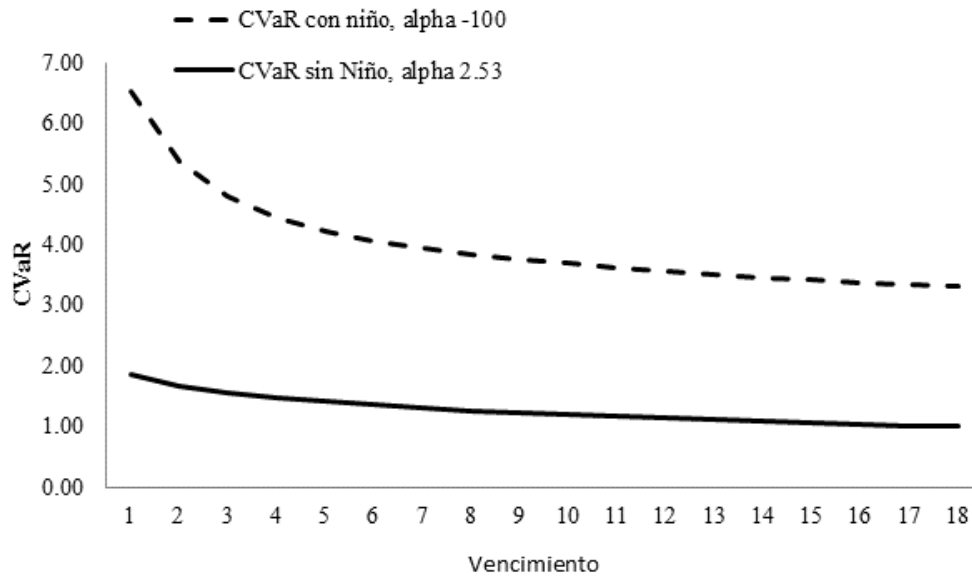
5.2. Valor en Riesgo Condicional, CVaR

Se estima el CVaR como una medida alternativa al VaR que cuantifica la magnitud esperada de las pérdidas en que se podría incurrir en caso de superarse el VaR. El CVaR se mide como la esperanza matemática de las pérdidas superiores al VaR, para un nivel de confianza del 99%.



En la gráfica 7, se presenta el CVaR (eje y) para una posición que se mantiene d días (eje x) en un contrato de futuro con vencimiento en un mes para varios valores de la prima de riesgo. Se observa, al igual que en el caso del VaR, que a medida que se mantiene la posición en el tiempo, el CVaR se incrementa, pero esta vez por encima del VaR.

Por otro lado, es consistente la relación inversa del CVaR y el vencimiento del contrato de futuros, contratos con vencimientos menores reportan un CVaR superior. Así, a un contrato de futuros con vencimiento en 1 mes le correspondería un CVaR de dos días de aproximadamente 6,5%, mientras que para un contrato de futuro con vencimiento en 18 meses esta misma medida de riesgo estaría alrededor del 3.3%.



Gráfica 8.C VaR para 2 días sensibilizado por prima de riesgo y vencimiento.

6. Resultados

La metodología actual de la Cámara de Riesgo para el cálculo de la garantía de los futuros sobre energía eléctrica está basada en el comportamiento del precio spot de la energía eléctrica. Como se demuestra previamente en el numeral 4, en un mercado accionario puede ser indiferente analizar la volatilidad del futuro o la del precio subyacente, por el contrario, en el mercado de energía eléctrica los resultados que se obtienen analizando el comportamiento del spot difieren de los resultados obtenidos analizando el comportamiento de los contratos de futuro dado que la volatilidad del precio a plazo es menor que la volatilidad del spot.

Se propone entonces que la estimación de las garantías de los futuros de energía eléctrica se realice con base en el precio del futuro de energía eléctrica, no con base en el spot. En ausencia de series históricas y mientras se obtiene más liquidez e información de las transacciones realizadas en el Mercado de Derivados Energéticos, DERIVEX, se recurre al uso del modelo estocástico presentado previamente que representa el comportamiento del precio del futuro e incorpora movimientos extremos, que en el caso del mercado de energía eléctrica vienen representados por la aparición del Fenómeno del Niño.

Bajo el entendimiento de los riesgos que asume la Cámara de Riesgo en un mercado sin liquidez y con el fin de estimar las garantías exigidas a quienes participan en este mercado, se plantea el uso de modelos de riesgo de mercado con un nivel de confianza del 99%, para un horizonte de d días y sobre el precio del futuro en el evento de presentarse Fenómeno del Niño. Así, se estima el VaR y el CVaR para los contratos de futuros con vencimiento mensual de 1 a 18 meses y para posiciones que van desde 1 hasta 30 días, con un nivel de confianza del 99%. Como se mencionó anteriormente, los eventos extremos en mercados de energía eléctrica corresponden a periodos donde se presenta el Fenómeno del Niño, por esta razón, en las estimaciones del riesgo se tienen en cuenta diferentes valores de prima de riesgo correspondientes a periodos de Niño y periodos de no Niño, se propone que la cámara obtenga protección ante el 99% de los eventos Niño, lo cual es coherente con el riesgo que asume ante un mercado ilíquido como lo es Derivex.

Los resultados de aplicar la metodología propuesta en este documento, partiendo de un escenario de aversión al riesgo, sugieren unos valores diferentes a los que actualmente exige la Cámara de Riesgo en términos de garantías. Con los parámetros utilizados para el mercado colombiano la propuesta de garantías se resume en dos tablas: una, que presenta las garantías estimadas para diferentes vencimientos y otra, que presenta las garantías estimadas dependiendo del número de días de cobertura, d . Conforme se conozca más información sobre la evolución de los precios y las transacciones que se den en Derivex, será necesario estimar de nuevo las garantías partiendo de la serie histórica de precios de futuros.

De acuerdo con los resultados presentados en las tablas 1 y 2, para un contrato con vencimiento en 1 mes, el nivel de riesgo medido con el CVaR para una posición de 2 días se encuentra alrededor de 6.53%, mientras que para un contrato de futuros con vencimiento en 18 meses éste se ubicaría aproximadamente en 3.3%. De otro lado, si la cámara cubriera 12 días de posición en un contrato con vencimiento en 1 mes, su garantía sería aproximadamente 21%, mientras que para un contrato de 18 meses ese porcentaje estaría cubriendo 27 días de posición.

T = 1						
	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
Días	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	3.82	4.29	3.66	4.20	1.14	1.34
2	5.90	6.53	5.39	6.14	1.59	1.87
3	7.65	8.43	6.83	7.71	1.92	2.26
4	9.27	10.16	8.10	9.09	2.20	2.57
5	10.78	11.78	9.21	10.33	2.43	2.85
6	12.21	13.29	10.28	11.51	2.64	3.09
7	13.57	14.70	11.30	12.59	2.82	3.31
8	14.88	16.06	12.21	13.58	3.00	3.51
9	16.14	17.40	13.12	14.51	3.16	3.69
10	17.39	18.71	13.98	15.42	3.30	3.86
11	18.58	19.95	14.80	16.30	3.45	4.02
12	19.79	21.19	15.62	17.14	3.58	4.18
13	20.99	22.45	16.40	17.94	3.71	4.32
14	22.16	23.66	17.21	18.73	3.83	4.47
15	23.31	24.85	17.96	19.50	3.94	4.60
16	24.44	26.00	18.70	20.25	4.06	4.73
17	25.55	27.13	19.46	20.99	4.17	4.85
18	26.63	28.23	20.14	21.73	4.28	4.97
19	27.70	29.33	20.75	22.43	4.38	5.08
20	28.76	30.40	21.52	23.19	4.48	5.19
21	29.85	31.49	22.24	23.95	4.58	5.30
22	30.91	32.56	22.94	24.70	4.67	5.40
23	32.00	33.59	23.66	25.45	4.76	5.50
24	33.06	34.63	24.32	26.14	4.86	5.59
25	34.03	35.65	25.05	26.85	4.94	5.69
26	35.01	36.71	25.72	27.57	5.03	5.78
27	36.08	37.80	26.49	28.31	5.12	5.88
28	37.16	38.95	27.15	29.08	5.21	5.99
29	38.35	40.04	27.92	29.85	5.29	6.10
30	39.40	41.07	28.55	30.46	5.40	6.20

Tabla 1. Medidas de riesgo para un contrato de futuros con vencimiento en 1 mes y diferentes primas de riesgo.

T = 18						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.62	2.09	1.57	2.13	0.49	0.72
2	2.61	3.30	2.39	3.19	0.67	1.00
3	3.50	4.35	3.08	4.07	0.80	1.19
4	4.33	5.32	3.72	4.85	0.91	1.35
5	5.12	6.23	4.29	5.57	0.99	1.49
6	5.87	7.11	4.85	6.23	1.07	1.60
7	6.62	7.94	5.37	6.86	1.13	1.70
8	7.32	8.75	5.86	7.46	1.19	1.79
9	8.01	9.53	6.34	8.04	1.24	1.87
10	8.69	10.29	6.81	8.58	1.29	1.95
11	9.36	11.03	7.25	9.11	1.33	2.01
12	10.01	11.75	7.68	9.62	1.37	2.08
13	10.64	12.45	8.10	10.11	1.41	2.13
14	11.26	13.14	8.51	10.59	1.44	2.19
15	11.87	13.81	8.91	11.05	1.47	2.23
16	12.47	14.47	9.30	11.49	1.50	2.28
17	13.07	15.12	9.69	11.93	1.52	2.32
18	13.65	15.75	10.06	12.35	1.55	2.36
19	14.23	16.38	10.42	12.77	1.57	2.40
20	14.80	16.99	10.78	13.17	1.59	2.43
21	15.35	17.59	11.13	13.56	1.61	2.46
22	15.89	18.18	11.48	13.94	1.63	2.49
23	16.43	18.76	11.81	14.32	1.64	2.52
24	16.97	19.33	12.14	14.68	1.66	2.54
25	17.49	19.90	12.46	15.04	1.67	2.57
26	18.00	20.45	12.77	15.39	1.69	2.59
27	18.52	21.00	13.08	15.73	1.70	2.61
28	19.02	21.53	13.38	16.07	1.71	2.63
29	19.52	22.06	13.67	16.39	1.72	2.65
30	20.00	22.58	13.96	16.71	1.73	2.67

Tabla 2. Medidas de riesgo para un contrato de futuros con vencimiento en 18 meses y diferentes primas de riesgo.

Actualmente, para los contratos de futuro transados en el mercado de futuros sobre energía eléctrica de Colombia, la cámara exige garantías de acuerdo con el vencimiento, que va desde 1 hasta 13, manteniendo la relación inversa entre nivel de garantía y vencimiento. Las garantías exigidas corresponden al 21% para los vencimientos de 1 hasta 4 meses, 16% para vencimientos entre 5 y 8 meses y 12% para vencimientos entre 8 y 13 meses.

La cámara estima estos porcentajes con el fin de cubrir una potencial pérdida máxima generada a nivel de cada cuenta por las posiciones que compensa y liquida y depende la volatilidad máxima del spot en un periodo de 2 días.

Garantía (%)	Vencimiento del futuro
21%	1
	2
	3
	4
16%	5
	6
	7
	8
12%	9
	10
	11
	12
	13

Tabla 3. Garantías actualmente exigidas por la cámara para Derivex.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, para lograr una cobertura de 2 días, los porcentajes de las garantías que debería exigir la cámara por vencimiento deberían corresponder con la tabla 4. En este sentido, es válido afirmar que la cámara se encuentra sobrecubierta si desea protegerse ante el riesgo para un periodo de 2 días y que podría flexibilizar los niveles de las garantías en pro de una mayor liquidez del mercado de futuros sobre energía eléctrica y guardando equilibrio con niveles de protección ante eventos extremos como el Fenómeno del Niño.

El 21% exigido actualmente por la Cámara representa en nuestra estimación 12 días de cobertura para un contrato con vencimiento en un mes y en el evento de presentarse Fenómeno del Niño. En este sentido, si la Cámara desea cubrirse 2 días, la garantía exigida debería situarse alrededor del 7% en el escenario de mayor aversión al riesgo. El nivel de garantías debería estimarse guardando un equilibrio entre unos costos de oportunidad razonables para los agentes que participan en Derivex y un nivel de protección elevado para la Cámara ante un mercado de poca liquidez.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Medidas de riesgo para 2 días						
	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
Vencimiento	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	5.90	6.53	5.39	6.14	1.59	1.87
2	4.74	5.38	4.53	5.23	1.39	1.67
3	4.17	4.78	4.02	4.74	1.26	1.56
4	3.83	4.43	3.74	4.46	1.17	1.48
5	3.61	4.21	3.50	4.24	1.10	1.41
6	3.45	4.05	3.34	4.07	1.04	1.35
7	3.32	3.94	3.21	3.95	0.99	1.30
8	3.21	3.83	3.10	3.86	0.94	1.26
9	3.12	3.75	2.98	3.75	0.90	1.22
10	3.05	3.69	2.90	3.67	0.87	1.18
11	2.98	3.62	2.81	3.59	0.84	1.16
12	2.91	3.56	2.74	3.52	0.81	1.13
13	2.85	3.51	2.68	3.46	0.78	1.11
14	2.80	3.46	2.62	3.40	0.75	1.08
15	2.75	3.42	2.55	3.35	0.73	1.05
16	2.70	3.38	2.49	3.29	0.71	1.03
17	2.65	3.33	2.44	3.24	0.69	1.01
18	2.61	3.30	2.39	3.19	0.67	1.00

Tabla 4. Medidas de riesgo para diferentes vencimientos y una posición de 2 días.

7. Esquema de garantías propuesto

En la tabla 6, se presenta una propuesta de los niveles de garantías a exigir en el mercado colombiano de futuros sobre energía eléctrica, logrando una cobertura de 5 o más días en eventos extremos de Fenómeno del Niño.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Ahora, si la Cámara desea cubrir un periodo de días mayor, se requerirá un mayor nivel de garantías, tal como se muestra en las tablas anexas para diferentes escenarios (Fenómeno del Niño) y vencimiento. Se recomienda además mantener una revisión periódica de los niveles de garantías propuestos, de manera que se pueda incluir la información adicional que se genere en el mercado.

Vencimiento	Garantía actual	Garantía propuesta
1	21%	11%
2	21%	10%
3	21%	9%
4	21%	8%
5	16%	8%
6	16%	8%
7	16%	8%
8	16%	8%
9	12%	7%
10	12%	7%
11	12%	7%
12	12%	7%
13	12%	7%
14		7%
15		7%
16		7%
17		7%
18		7%

Tabla 5. Niveles de garantías propuestos para d = 5 días o más.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

8. Conclusiones

En el mercado de energía eléctrica los resultados que se obtienen analizando el comportamiento del spot difieren de los resultados obtenidos analizando el comportamiento de los contratos de futuro dado la distribución de probabilidad de los cambios del spot no es un estimador adecuado de la distribución de probabilidad de los cambios del precio de los futuros. Por tanto, los resultados de aplicar la metodología propuesta en este trabajo, partiendo de un escenario de aversión al riesgo, sugieren unos niveles de garantía diferentes a los que actualmente exige la Cámara de Riesgo.

Los niveles de garantía exigidos actualmente por la cámara de riesgo en Colombia responden a la necesidad de cubrir el riesgo de variaciones extremas en los precios de los contratos de futuros de energía eléctrica, sin embargo son excesivos. Por otro lado, este esquema no da respuesta a los criterios de cobertura que la cámara supone, como lo son el periodo de 2 días de cobertura y el nivel de confianza del 99%. Por tanto, la metodología actual que se usa para la estimación de las garantías en el mercado colombiano no es adecuada para la definición de los niveles requeridos cuando se transan derivados asociados a la energía eléctrica.

Actualmente, las garantías exigidas en el mercado colombiano para contratos de futuros sobre energía eléctrica a diferentes vencimientos, varían entre 21% y 12%. Los resultados de esta estimación sugieren niveles de garantías entre 11% y 7% para una cobertura de 5 días. Por lo que en pro de una mayor liquidez del mercado y guardando equilibrio con niveles de protección ante eventos extremos como el Fenómeno del Niño, la CRCC podría disminuir los niveles de garantía exigidos. El 21% exigido actualmente por la Cámara representa en la estimación 12 días de cobertura para un contrato con vencimiento en un mes y en el evento de presentarse Fenómeno del Niño. En este sentido, si la Cámara desea cubrirse 2 días, la garantía exigida debería situarse alrededor del 7% en el escenario de mayor aversión al riesgo.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Se aprecia una relación directa entre los días de tenencia de un contrato y las estimaciones de riesgo, el aporte marginal al VaR por el aumento del número de días depende de la prima de riesgo de largo plazo considerada, es así como deben considerarse casos extremos para primas de riesgo y no incluir solo primas de riesgo promedio histórico.

En cuanto a la dependencia de este indicador de riesgo y el periodo de vencimiento se aprecia que existe una relación inversa. Un contrato que tiene un periodo de vencimiento mayor, tiene un VaR menor y así, coherente con la definición actual de los límites por parte de la CCRC, a los contratos con periodos de vencimiento mayores deben exigírsele un menor nivel de garantías que a los contratos con periodos de vencimientos menores, ya que un incremento en el vencimiento del contrato no incrementa la volatilidad del rendimiento del estado de pérdidas y ganancias del agente debido a las características del precio futuro.

9. Referencias

-
- BACHELIER, L. (1900). *Théorie de la spéculation*, Gauthier-Vilars, Universidad de la Sorbona, Paris.
- Black, F. y Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 637 - 654.
- García, J., Gaviria, A., & Salazar, I. (2011). Determinantes del precio de la energía eléctrica en el mercado no regulado en Colombia. *Revistas Ciencias Estratégicas*, 225-246.
- Geman, H., & Roncoroni, A. (2003). A class of marked point processes for modelling. *ESSEC*.
- Glasserman, P. (2003). *Montecarlo methods in financial engineering*. New York: Springer.
- Hull, J. (2010). *Options, futures and other derivatives*. New York: Pearson Prentice Hall.
- Knott, R., & Mills, A. (2002). Modelling risk in central counterparty clearing houses: a review. *Financial Stability Review*, 162-174.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

- Lucia, J., & Schwartz, E. (2002). Electricity prices and power derivatives. *Review of Derivatives Research*, 5-50.
- Maya, C., & Gil, M. (2008). Modelación de la volatilidad de los precios de la energía eléctrica en Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 87-114.
- Meucci, A. (2007). *Risk and asset allocation*. New York: Springer.
- Mills, R. K. (2002). Modelling risk in central counterparty clearing houses: a review. *Financial Stability Review*.
- Pantoja, J. (2012). Modelling risk for electric power. *INNOVAR, Journal of Administrative and Social Sciences*, 22,44.
- Pantoja, J., & Salazar, G. (2011). Los precios forward sobre electricidad. ¿Determinados racionalmente por los agentes del mercado colombiano? *AD-MINISTER*, 77,99.
- Pardo, J. M., & Tornero, Á. P. (2005). ¿Son adecuados los depósitos de garantía exigidos por MEFF? *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*.
- Pilipovic, D. (2007). *Energy risk, valuing and managing energy derivatives*. Estados Unidos: McGraw Hill.
- Stoll, H., & Whaley, R. (1990). The dynamics of stock index and stock index futures returns. 25(4).
- Trespalacios, A., Rendón, J. F., & Pantoja, J. (2012). Estrategia de cobertura a través de contratos a plazo en mercados eléctricos. *Revista Latinoamericana de Administración*, 148-157.
- Venegas Martínez, F. (2008). *Riesgos financieros y económicos. Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre* (Segunda Edición ed.). México D.F: Cengage Learning Editores.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

10. Anexos

Parámetros de precio de contratos forward

El diferencial del precio de ejercicio de un contrato con entrega a futuro de energía eléctrica está dado por:

$$dF = -\alpha \kappa e^{-\kappa(T-t)} \cdot dt + \sigma e^{-\kappa(T-t)} \cdot dw$$

Donde,

- α es la prima de riesgo de contratos de largo plazo (Long-term Forward Risk Premium).
- κ es la velocidad de reversión a la media, $\kappa > 0$.
- σ es la volatilidad del precio spot de la energía eléctrica.
- dw es el diferencial de un movimiento browniano.

Los parámetros estimados para Colombia corresponden a:

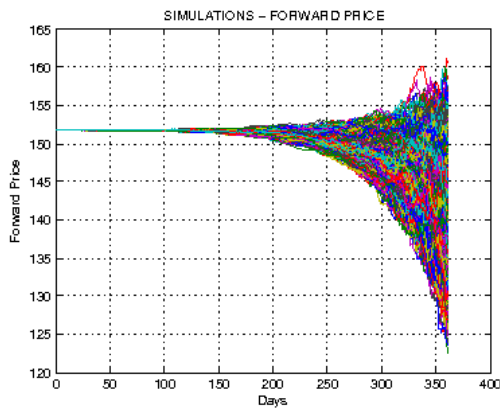
κ	0,57
σ sin niño	5.19
σ con niño	15.53



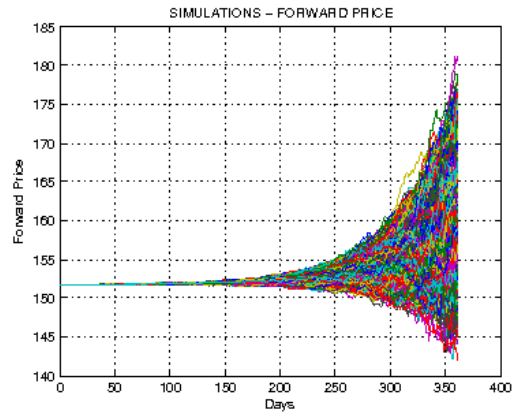
“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

α se realizan sensibilidades para la prima de riesgo de acuerdo con los resultados obtenidos por Pantoja en el artículo: *Modelling Risk for Electric Power Prices*, en donde según resultados empíricos la prima de riesgo varía en el rango -9.97% y 26.77% y con promedio de 2.5

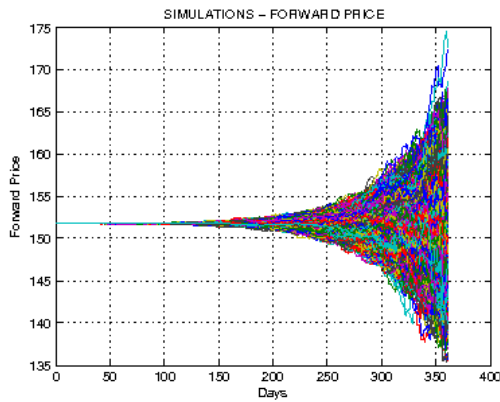
Las siguientes gráficas representan el comportamiento del precio del contrato de futuro sobre energía eléctrica para diferentes escenarios: con y sin Fenómeno del Niño y usando diferentes primas de riesgo. Se realizan simulaciones del precio de contratos futuros con vencimientos mensuales desde 1 mes hasta 18 meses.



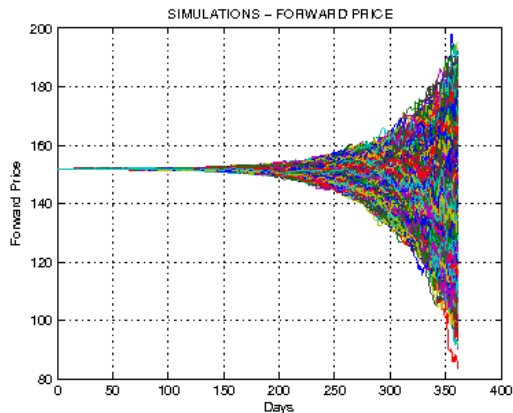
Gráfica 11. Precio forward, sin Niño y con prima 10.



Gráfica 12. Precio forward, sin Niño y con prima -10.



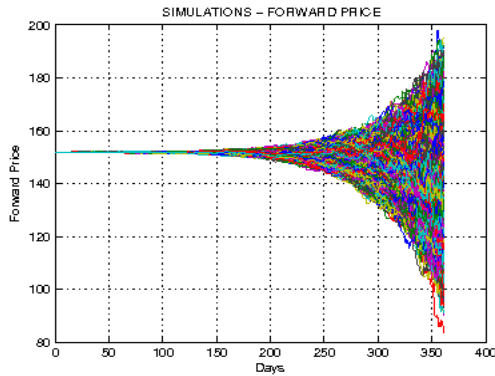
Innovaci3n



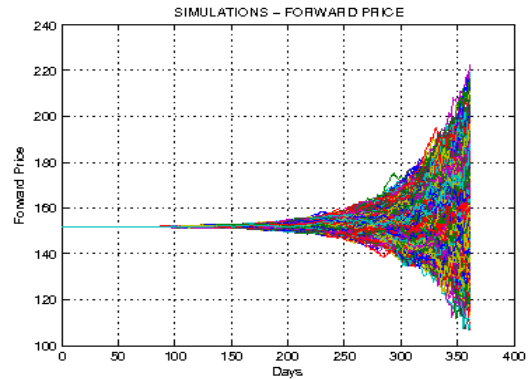


“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Gráfica 13. Precio forward, sin Niño y con prima 0.



Gráfica 14. Precio forward, con Niño y con prima 0.



Gráfica 15. Precio forward, con Niño y con prima 10.

Gráfica 16. Precio forward, con Niño y con prima -10.

Evaluación de riesgo en función de días de tenencia y periodos de vencimiento

A continuación, medición del riesgo en función del vencimiento T de un contrato y los días de tenencia d , para diferentes escenarios según eventos de Niño y primas de riesgo.

Días	T = 1					
	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	3.82	4.29	3.66	4.20	1.14	1.34
2	5.90	6.53	5.39	6.14	1.59	1.87
3	7.65	8.43	6.83	7.71	1.92	2.26
4	9.27	10.16	8.10	9.09	2.20	2.57
5	10.78	11.78	9.21	10.33	2.43	2.85
6	12.21	13.29	10.28	11.51	2.64	3.09
7	13.57	14.70	11.30	12.59	2.82	3.31
8	14.88	16.06	12.21	13.58	3.00	3.51
9	16.14	17.40	13.12	14.51	3.16	3.69
10	17.39	18.71	13.98	15.42	3.30	3.86
11	18.58	19.95	14.80	16.30	3.45	4.02
12	19.79	21.19	15.62	17.14	3.58	4.18
13	20.99	22.45	16.40	17.94	3.71	4.32
14	22.16	23.66	17.21	18.73	3.83	4.47
15	23.31	24.85	17.96	19.50	3.94	4.60
16	24.44	26.00	18.70	20.25	4.06	4.73
17	25.55	27.13	19.46	20.99	4.17	4.85
18	26.63	28.23	20.14	21.73	4.28	4.97
19	27.70	29.33	20.75	22.43	4.38	5.08
20	28.76	30.40	21.52	23.19	4.48	5.19
21	29.85	31.49	22.24	23.95	4.58	5.30
22	30.91	32.56	22.94	24.70	4.67	5.40
23	32.00	33.59	23.66	25.45	4.76	5.50
24	33.06	34.63	24.32	26.14	4.86	5.59
25	34.03	35.65	25.05	26.85	4.94	5.69
26	35.01	36.71	25.72	27.57	5.03	5.78
27	36.08	37.80	26.49	28.31	5.12	5.88
28	37.16	38.95	27.15	29.08	5.21	5.99
29	38.35	40.04	27.92	29.85	5.29	6.10
30	39.40	41.07	28.55	30.46	5.40	6.20

Días	T = 2					
	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	3.07	3.51	3.05	3.56	1.00	1.21
2	4.74	5.38	4.53	5.23	1.39	1.67
3	6.22	6.99	5.73	6.59	1.67	2.02
4	7.54	8.44	6.80	7.79	1.90	2.30
5	8.79	9.77	7.76	8.86	2.10	2.54
6	9.97	11.02	8.65	9.86	2.28	2.75
7	11.09	12.22	9.51	10.79	2.43	2.93
8	12.18	13.37	10.33	11.68	2.57	3.10
9	13.21	14.49	11.10	12.51	2.70	3.25
10	14.22	15.57	11.83	13.30	2.82	3.39
11	15.21	16.62	12.55	14.07	2.93	3.52
12	16.20	17.65	13.25	14.81	3.03	3.64
13	17.16	18.65	13.92	15.53	3.13	3.76
14	18.07	19.63	14.59	16.24	3.22	3.86
15	18.99	20.57	15.20	16.92	3.30	3.96
16	19.87	21.50	15.79	17.57	3.39	4.06
17	20.75	22.40	16.36	18.20	3.46	4.15
18	21.60	23.28	16.93	18.81	3.54	4.23
19	22.45	24.15	17.53	19.40	3.61	4.31
20	23.31	25.01	18.08	19.97	3.68	4.39
21	24.13	25.85	18.61	20.52	3.74	4.47
22	24.89	26.66	19.13	21.05	3.81	4.54
23	25.65	27.45	19.63	21.59	3.87	4.61
24	26.43	28.22	20.16	22.11	3.93	4.68
25	27.19	28.98	20.65	22.62	3.99	4.74
26	27.90	29.74	21.17	23.12	4.05	4.81
27	28.68	30.50	21.67	23.61	4.11	4.87
28	29.42	31.23	22.14	24.10	4.16	4.93
29	30.14	31.95	22.58	24.57	4.22	4.99
30	30.88	32.66	23.03	25.05	4.27	5.05

1000



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Tabla 6. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=1.

T = 3						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	2.68	3.12	2.71	3.23	0.91	1.12
2	4.17	4.78	4.02	4.74	1.26	1.56
3	5.46	6.20	5.11	5.98	1.52	1.88
4	6.64	7.50	6.06	7.05	1.73	2.13
5	7.75	8.71	6.94	8.03	1.90	2.35
6	8.79	9.84	7.77	8.95	2.06	2.54
7	9.80	10.91	8.52	9.79	2.19	2.70
8	10.76	11.95	9.25	10.58	2.31	2.86
9	11.71	12.96	9.95	11.34	2.43	3.00
10	12.62	13.94	10.61	12.07	2.53	3.12
11	13.51	14.90	11.23	12.77	2.63	3.24
12	14.38	15.83	11.87	13.43	2.72	3.35
13	15.23	16.73	12.44	14.07	2.79	3.45
14	16.05	17.60	13.01	14.70	2.87	3.54
15	16.85	18.46	13.60	15.32	2.94	3.63
16	17.63	19.30	14.16	15.91	3.01	3.71
17	18.43	20.11	14.70	16.49	3.07	3.79
18	19.22	20.90	15.24	17.06	3.13	3.86
19	19.97	21.67	15.76	17.62	3.20	3.93
20	20.69	22.42	16.26	18.16	3.25	4.00
21	21.42	23.17	16.74	18.68	3.31	4.06
22	22.15	23.90	17.25	19.20	3.36	4.12
23	22.84	24.62	17.71	19.70	3.40	4.18
24	23.52	25.32	18.16	20.20	3.45	4.23
25	24.21	26.01	18.61	20.67	3.49	4.28
26	24.87	26.69	19.05	21.14	3.53	4.33
27	25.53	27.37	19.49	21.58	3.57	4.38
28	26.19	28.04	19.91	22.04	3.61	4.43
29	26.83	28.69	20.30	22.47	3.65	4.47
30	27.47	29.32	20.71	22.90	3.69	4.51

Tabla 7. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=2.

T = 4						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	2.45	2.87	2.50	3.02	0.85	1.07
2	3.83	4.43	3.74	4.46	1.17	1.48
3	5.03	5.76	4.76	5.65	1.41	1.78
4	6.12	6.96	5.65	6.69	1.60	2.02
5	7.15	8.09	6.49	7.62	1.76	2.22
6	8.13	9.17	7.25	8.49	1.90	2.40
7	9.07	10.19	7.97	9.28	2.03	2.56
8	9.98	11.17	8.66	10.05	2.14	2.70
9	10.86	12.11	9.32	10.78	2.24	2.82
10	11.75	13.04	9.94	11.49	2.34	2.94
11	12.56	13.93	10.56	12.17	2.42	3.05
12	13.38	14.79	11.15	12.81	2.50	3.15
13	14.17	15.64	11.72	13.42	2.57	3.24
14	14.96	16.48	12.26	14.01	2.64	3.33
15	15.73	17.30	12.79	14.58	2.71	3.41
16	16.48	18.10	13.32	15.13	2.77	3.49
17	17.23	18.88	13.81	15.67	2.82	3.56
18	17.96	19.66	14.30	16.18	2.88	3.62
19	18.66	20.41	14.76	16.68	2.93	3.69
20	19.32	21.14	15.23	17.17	2.98	3.75
21	20.03	21.86	15.68	17.65	3.02	3.81
22	20.68	22.57	16.12	18.12	3.07	3.86
23	21.32	23.26	16.54	18.59	3.11	3.91
24	21.97	23.94	16.99	19.04	3.15	3.96
25	22.62	24.61	17.42	19.48	3.19	4.01
26	23.25	25.25	17.82	19.91	3.23	4.05
27	23.88	25.89	18.24	20.35	3.26	4.09
28	24.49	26.52	18.64	20.77	3.29	4.13
29	25.08	27.13	19.02	21.18	3.32	4.17
30	25.67	27.74	19.41	21.59	3.35	4.20

Tabla 8. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=3.

T = 5						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	2.31	2.73	2.34	2.86	0.79	1.02
2	3.61	4.21	3.50	4.24	1.10	1.41
3	4.75	5.49	4.47	5.36	1.32	1.70
4	5.79	6.65	5.33	6.34	1.51	1.93
5	6.77	7.73	6.10	7.24	1.66	2.12
6	7.72	8.75	6.83	8.07	1.78	2.29
7	8.62	9.73	7.52	8.85	1.90	2.44
8	9.49	10.67	8.18	9.59	2.00	2.57
9	10.34	11.59	8.81	10.28	2.10	2.69
10	11.17	12.48	9.40	10.95	2.18	2.80
11	11.97	13.34	9.98	11.59	2.26	2.90
12	12.75	14.18	10.53	12.21	2.34	3.00
13	13.51	15.00	11.06	12.80	2.40	3.08
14	14.24	15.79	11.58	13.37	2.47	3.17
15	14.98	16.57	12.11	13.92	2.53	3.24
16	15.69	17.32	12.59	14.45	2.58	3.31
17	16.40	18.05	13.05	14.96	2.64	3.38
18	17.09	18.77	13.51	15.46	2.69	3.44
19	17.76	19.47	13.99	15.95	2.73	3.50
20	18.43	20.16	14.44	16.43	2.78	3.56
21	19.07	20.85	14.89	16.90	2.82	3.61
22	19.72	21.52	15.31	17.36	2.86	3.66
23	20.35	22.20	15.73	17.81	2.90	3.71
24	20.98	22.85	16.14	18.25	2.94	3.76
25	21.58	23.49	16.55	18.69	2.97	3.80
26	22.18	24.13	16.94	19.11	3.00	3.85
27	22.77	24.76	17.32	19.52	3.03	3.89
28	23.36	25.37	17.69	19.91	3.06	3.93
29	23.94	25.97	18.04	20.30	3.09	3.96
30	24.49	26.56	18.41	20.68	3.12	4.00

Tabla 9. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=4.

T = 6						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	2.19	2.62	2.23	2.75	0.75	0.98
2	3.45	4.05	3.34	4.07	1.04	1.35
3	4.54	5.29	4.25	5.14	1.25	1.62
4	5.55	6.41	5.07	6.09	1.42	1.84
5	6.50	7.47	5.81	6.95	1.56	2.03
6	7.42	8.47	6.52	7.74	1.68	2.18
7	8.29	9.43	7.17	8.49	1.79	2.33
8	9.13	10.35	7.81	9.19	1.89	2.45
9	9.95	11.24	8.40	9.87	1.98	2.57
10	10.75	12.10	8.99	10.52	2.05	2.67
11	11.54	12.94	9.54	11.14	2.13	2.77
12	12.30	13.76	10.09	11.74	2.19	2.86
13	13.05	14.56	10.60	12.32	2.26	2.94
14	13.79	15.34	11.11	12.88	2.32	3.02
15	14.50	16.11	11.59	13.41	2.37	3.09
16	15.22	16.86	12.07	13.94	2.42	3.16
17	15.90	17.59	12.53	14.44	2.47	3.22
18	16.58	18.30	12.99	14.94	2.52	3.28
19	17.24	19.00	13.42	15.42	2.56	3.33
20	17.88	19.68	13.85	15.88	2.59	3.39
21	18.53	20.35	14.27	16.34	2.63	3.43
22	19.14	21.01	14.67	16.78	2.66	3.48
23	19.77	21.65	15.07	17.22	2.70	3.52
24	20.36	22.28	15.47	17.64	2.73	3.56
25	20.96	22.90	15.84	18.06	2.75	3.60
26	21.54	23.51	16.23	18.46	2.78	3.64
27	22.12	24.11	16.59	18.86	2.81	3.67
28	22.68	24.71	16.97	19.24	2.83	3.71
29	23.24	25.29	17.32	19.62	2.86	3.74
30	23.78	25.86	17.65	19.99	2.88	3.77



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Tabla 10. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=5.

T = 7						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	2.10	2.54	2.14	2.66	0.72	0.94
2	3.32	3.94	3.21	3.95	0.99	1.30
3	4.39	5.15	4.10	5.01	1.19	1.56
4	5.37	6.26	4.90	5.95	1.35	1.78
5	6.29	7.29	5.64	6.79	1.48	1.96
6	7.18	8.27	6.31	7.57	1.60	2.11
7	8.04	9.22	6.95	8.31	1.70	2.25
8	8.86	10.12	7.57	9.00	1.79	2.38
9	9.68	10.99	8.16	9.66	1.88	2.49
10	10.45	11.83	8.72	10.29	1.95	2.59
11	11.20	12.65	9.26	10.90	2.02	2.68
12	11.95	13.45	9.76	11.49	2.08	2.76
13	12.68	14.23	10.29	12.05	2.14	2.84
14	13.40	14.99	10.76	12.60	2.19	2.91
15	14.09	15.74	11.25	13.13	2.24	2.98
16	14.77	16.46	11.70	13.65	2.29	3.04
17	15.44	17.17	12.16	14.15	2.33	3.09
18	16.09	17.86	12.61	14.64	2.36	3.15
19	16.73	18.54	13.04	15.11	2.40	3.19
20	17.37	19.20	13.45	15.57	2.44	3.24
21	17.98	19.85	13.86	16.02	2.47	3.28
22	18.60	20.49	14.26	16.45	2.50	3.32
23	19.20	21.11	14.66	16.88	2.54	3.36
24	19.79	21.73	15.04	17.30	2.56	3.40
25	20.37	22.33	15.41	17.71	2.59	3.43
26	20.93	22.93	15.79	18.10	2.61	3.46
27	21.49	23.52	16.15	18.49	2.64	3.50
28	22.05	24.10	16.51	18.87	2.66	3.53
29	22.60	24.66	16.85	19.24	2.68	3.56
30	23.12	25.22	17.19	19.61	2.70	3.58

Tabla 11. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=6.

T = 8						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	2.03	2.47	2.06	2.60	0.68	0.91
2	3.21	3.83	3.10	3.86	0.94	1.26
3	4.25	5.01	3.97	4.89	1.13	1.51
4	5.21	6.10	4.74	5.80	1.28	1.72
5	6.12	7.11	5.45	6.63	1.41	1.89
6	6.99	8.07	6.12	7.39	1.52	2.04
7	7.82	8.99	6.74	8.12	1.62	2.17
8	8.63	9.88	7.33	8.79	1.71	2.29
9	9.41	10.74	7.91	9.44	1.78	2.39
10	10.18	11.57	8.44	10.06	1.85	2.49
11	10.91	12.37	8.97	10.67	1.91	2.58
12	11.64	13.15	9.51	11.24	1.98	2.66
13	12.36	13.92	9.99	11.80	2.03	2.73
14	13.05	14.67	10.45	12.33	2.08	2.80
15	13.74	15.41	10.93	12.85	2.13	2.87
16	14.41	16.13	11.38	13.35	2.18	2.93
17	15.07	16.83	11.82	13.84	2.22	2.98
18	15.71	17.52	12.25	14.31	2.26	3.04
19	16.34	18.19	12.69	14.76	2.29	3.09
20	16.96	18.84	13.10	15.22	2.32	3.13
21	17.57	19.49	13.50	15.66	2.35	3.18
22	18.16	20.12	13.90	16.09	2.38	3.22
23	18.76	20.74	14.27	16.51	2.41	3.25
24	19.34	21.35	14.64	16.91	2.44	3.29
25	19.93	21.96	15.01	17.31	2.46	3.33
26	20.50	22.55	15.35	17.69	2.48	3.36
27	21.05	23.13	15.70	18.07	2.51	3.39
28	21.60	23.71	16.05	18.44	2.53	3.42
29	22.14	24.27	16.38	18.80	2.55	3.44
30	22.66	24.83	16.70	19.15	2.57	3.47

Tabla 12. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=7.

Tabla 13. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=8.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

T = 9						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.97	2.41	1.98	2.52	0.65	0.88
2	3.12	3.75	2.98	3.75	0.90	1.22
3	4.13	4.91	3.84	4.76	1.08	1.47
4	5.08	5.97	4.58	5.64	1.23	1.66
5	5.97	6.97	5.27	6.45	1.35	1.83
6	6.81	7.92	5.92	7.20	1.45	1.97
7	7.65	8.83	6.53	7.91	1.55	2.10
8	8.43	9.71	7.11	8.58	1.63	2.21
9	9.21	10.55	7.66	9.22	1.70	2.31
10	9.95	11.38	8.21	9.84	1.77	2.40
11	10.69	12.17	8.73	10.42	1.83	2.49
12	11.39	12.95	9.23	10.99	1.89	2.57
13	12.09	13.70	9.72	11.54	1.94	2.64
14	12.78	14.44	10.20	12.07	1.99	2.71
15	13.46	15.17	10.66	12.59	2.04	2.77
16	14.11	15.88	11.11	13.09	2.08	2.83
17	14.76	16.57	11.55	13.58	2.12	2.88
18	15.40	17.25	11.97	14.05	2.16	2.93
19	16.03	17.92	12.39	14.51	2.19	2.98
20	16.65	18.57	12.80	14.96	2.22	3.03
21	17.24	19.22	13.19	15.39	2.26	3.07
22	17.83	19.85	13.58	15.81	2.28	3.11
23	18.42	20.46	13.95	16.22	2.31	3.15
24	19.00	21.07	14.31	16.62	2.34	3.18
25	19.56	21.67	14.66	17.02	2.36	3.22
26	20.11	22.26	15.01	17.40	2.38	3.25
27	20.68	22.85	15.34	17.77	2.40	3.28
28	21.22	23.42	15.67	18.14	2.42	3.31
29	21.75	23.98	16.00	18.49	2.44	3.33
30	22.28	24.53	16.32	18.83	2.46	3.36

Tabla 14. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=9.

T = 10						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.92	2.36	1.92	2.46	0.63	0.86
2	3.05	3.69	2.90	3.67	0.87	1.18
3	4.05	4.84	3.73	4.66	1.04	1.42
4	4.98	5.89	4.46	5.53	1.18	1.61
5	5.85	6.87	5.14	6.34	1.29	1.77
6	6.69	7.81	5.78	7.08	1.39	1.91
7	7.49	8.70	6.38	7.79	1.48	2.03
8	8.28	9.57	6.96	8.45	1.56	2.14
9	9.05	10.40	7.51	9.09	1.63	2.24
10	9.80	11.22	8.04	9.70	1.70	2.33
11	10.53	12.01	8.56	10.29	1.75	2.41
12	11.23	12.78	9.03	10.86	1.81	2.49
13	11.93	13.54	9.51	11.40	1.86	2.56
14	12.61	14.27	9.98	11.93	1.90	2.63
15	13.28	15.00	10.43	12.44	1.95	2.69
16	13.94	15.71	10.86	12.93	1.99	2.74
17	14.59	16.40	11.30	13.41	2.02	2.80
18	15.22	17.08	11.71	13.87	2.06	2.84
19	15.85	17.74	12.11	14.32	2.09	2.89
20	16.45	18.39	12.52	14.76	2.12	2.93
21	17.05	19.02	12.90	15.19	2.15	2.97
22	17.64	19.65	13.27	15.60	2.18	3.01
23	18.21	20.26	13.64	16.01	2.20	3.04
24	18.79	20.87	14.00	16.41	2.22	3.08
25	19.36	21.46	14.36	16.79	2.25	3.11
26	19.91	22.05	14.72	17.17	2.27	3.14
27	20.47	22.62	15.06	17.54	2.29	3.17
28	21.00	23.19	15.40	17.90	2.30	3.19
29	21.53	23.74	15.73	18.25	2.32	3.22
30	22.05	24.28	16.05	18.60	2.34	3.24

Tabla 15. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=10.

T = 11						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.87	2.32	1.86	2.41	0.61	0.84
2	2.98	3.62	2.81	3.59	0.84	1.16
3	3.95	4.75	3.61	4.56	1.00	1.39
4	4.86	5.78	4.33	5.42	1.13	1.58
5	5.72	6.75	4.99	6.20	1.25	1.73
6	6.54	7.67	5.60	6.92	1.34	1.87
7	7.33	8.56	6.19	7.60	1.43	1.99
8	8.09	9.40	6.75	8.25	1.50	2.10
9	8.83	10.23	7.28	8.86	1.56	2.19
10	9.55	11.03	7.80	9.45	1.62	2.28
11	10.26	11.80	8.30	10.02	1.68	2.36
12	10.96	12.56	8.79	10.56	1.73	2.43
13	11.65	13.30	9.26	11.09	1.78	2.50
14	12.31	14.02	9.72	11.60	1.82	2.56
15	12.96	14.72	10.16	12.10	1.86	2.61
16	13.61	15.41	10.60	12.59	1.89	2.66
17	14.25	16.09	11.02	13.07	1.93	2.71
18	14.86	16.76	11.44	13.54	1.96	2.76
19	15.47	17.41	11.85	13.99	1.99	2.80
20	16.07	18.05	12.24	14.44	2.02	2.84
21	16.66	18.68	12.62	14.87	2.04	2.88
22	17.25	19.30	13.00	15.28	2.06	2.91
23	17.81	19.91	13.36	15.68	2.09	2.95
24	18.37	20.50	13.72	16.08	2.11	2.98
25	18.93	21.09	14.07	16.47	2.13	3.01
26	19.48	21.67	14.42	16.84	2.15	3.03
27	20.03	22.24	14.76	17.22	2.17	3.06
28	20.55	22.80	15.09	17.58	2.19	3.08
29	21.09	23.36	15.41	17.93	2.20	3.10
30	21.60	23.90	15.71	18.27	2.22	3.12

T = 12						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.83	2.27	1.81	2.36	0.59	0.82
2	2.91	3.56	2.74	3.52	0.81	1.13
3	3.87	4.68	3.52	4.47	0.97	1.36
4	4.76	5.70	4.23	5.31	1.10	1.54
5	5.61	6.65	4.87	6.08	1.21	1.70
6	6.42	7.57	5.47	6.79	1.30	1.83
7	7.21	8.44	6.05	7.46	1.38	1.95
8	7.97	9.28	6.60	8.10	1.46	2.05
9	8.72	10.10	7.13	8.70	1.52	2.15
10	9.44	10.89	7.63	9.28	1.58	2.23
11	10.14	11.67	8.11	9.84	1.63	2.31
12	10.84	12.42	8.58	10.38	1.68	2.38
13	11.51	13.16	9.04	10.90	1.73	2.45
14	12.17	13.89	9.49	11.42	1.77	2.51
15	12.82	14.59	9.93	11.91	1.81	2.57
16	13.46	15.28	10.36	12.39	1.85	2.62
17	14.09	15.96	10.77	12.86	1.88	2.67
18	14.72	16.63	11.16	13.32	1.91	2.71
19	15.32	17.29	11.56	13.76	1.94	2.75
20	15.91	17.93	11.95	14.20	1.97	2.79
21	16.51	18.56	12.33	14.62	1.99	2.83
22	17.09	19.18	12.69	15.03	2.02	2.86
23	17.65	19.78	13.05	15.43	2.04	2.89
24	18.20	20.37	13.39	15.82	2.06	2.92
25	18.76	20.96	13.74	16.20	2.08	2.95
26	19.31	21.53	14.08	16.57	2.10	2.98
27	19.83	22.09	14.41	16.94	2.12	3.01
28	20.37	22.65	14.74	17.30	2.13	3.03
29	20.88	23.20	15.05	17.65	2.15	3.06
30	21.39	23.73	15.37	18.00	2.16	3.08

ovació



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Tabla 16. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=11.

Tabla 17. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=12

T = 13						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.79	2.24	1.76	2.31	0.57	0.80
2	2.85	3.51	2.68	3.46	0.78	1.11
3	3.81	4.62	3.44	4.41	0.94	1.33
4	4.69	5.63	4.13	5.24	1.06	1.50
5	5.53	6.59	4.76	6.00	1.16	1.65
6	6.34	7.50	5.36	6.70	1.25	1.78
7	7.10	8.36	5.92	7.37	1.33	1.89
8	7.86	9.20	6.46	8.00	1.40	2.00
9	8.58	10.01	6.98	8.61	1.46	2.09
10	9.30	10.81	7.47	9.18	1.52	2.17
11	10.01	11.58	7.96	9.75	1.57	2.25
12	10.69	12.33	8.43	10.29	1.62	2.32
13	11.37	13.06	8.89	10.81	1.67	2.38
14	12.03	13.78	9.32	11.32	1.70	2.44
15	12.68	14.49	9.75	11.81	1.74	2.49
16	13.31	15.18	10.16	12.29	1.77	2.54
17	13.94	15.85	10.57	12.75	1.81	2.59
18	14.54	16.52	10.96	13.19	1.84	2.63
19	15.14	17.17	11.36	13.62	1.87	2.67
20	15.72	17.80	11.74	14.04	1.89	2.71
21	16.31	18.42	12.10	14.45	1.91	2.75
22	16.88	19.04	12.46	14.85	1.94	2.78
23	17.43	19.64	12.82	15.24	1.96	2.81
24	17.99	20.23	13.16	15.62	1.98	2.84
25	18.54	20.81	13.50	15.99	1.99	2.87
26	19.07	21.38	13.82	16.35	2.01	2.90
27	19.60	21.94	14.15	16.70	2.03	2.92
28	20.12	22.49	14.46	17.05	2.04	2.95
29	20.63	23.03	14.76	17.39	2.06	2.97
30	21.13	23.56	15.06	17.72	2.07	2.99

T = 14						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.75	2.20	1.72	2.27	0.55	0.78
2	2.80	3.46	2.62	3.40	0.75	1.08
3	3.74	4.55	3.37	4.33	0.90	1.29
4	4.60	5.56	4.04	5.15	1.02	1.46
5	5.43	6.50	4.67	5.91	1.12	1.61
6	6.22	7.40	5.25	6.60	1.21	1.73
7	6.98	8.26	5.81	7.26	1.28	1.84
8	7.73	9.09	6.34	7.89	1.34	1.94
9	8.45	9.89	6.85	8.48	1.40	2.03
10	9.16	10.67	7.34	9.05	1.46	2.10
11	9.84	11.44	7.82	9.60	1.50	2.18
12	10.52	12.18	8.28	10.13	1.55	2.24
13	11.18	12.91	8.72	10.64	1.59	2.31
14	11.83	13.61	9.16	11.14	1.63	2.36
15	12.47	14.30	9.59	11.62	1.66	2.41
16	13.09	14.98	10.00	12.08	1.70	2.46
17	13.71	15.65	10.39	12.54	1.72	2.51
18	14.31	16.30	10.79	12.97	1.75	2.55
19	14.90	16.94	11.16	13.41	1.78	2.59
20	15.49	17.57	11.54	13.83	1.80	2.63
21	16.07	18.18	11.90	14.24	1.83	2.66
22	16.63	18.78	12.26	14.63	1.84	2.69
23	17.18	19.38	12.60	15.01	1.87	2.72
24	17.73	19.96	12.95	15.38	1.88	2.75
25	18.27	20.54	13.29	15.75	1.90	2.78
26	18.80	21.10	13.61	16.11	1.92	2.80
27	19.32	21.66	13.92	16.46	1.93	2.83
28	19.84	22.21	14.24	16.80	1.94	2.85
29	20.35	22.74	14.55	17.13	1.96	2.87
30	20.85	23.27	14.85	17.46	1.97	2.89

Tabla 18. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=13.

Tabla 19. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=14

T = 15						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.71	2.18	1.68	2.24	0.53	0.76
2	2.75	3.42	2.55	3.35	0.73	1.05
3	3.67	4.50	3.30	4.26	0.87	1.27
4	4.52	5.50	3.96	5.08	0.99	1.44
5	5.35	6.43	4.57	5.82	1.09	1.58
6	6.13	7.32	5.14	6.52	1.17	1.70
7	6.89	8.17	5.69	7.16	1.24	1.81
8	7.62	8.99	6.21	7.77	1.30	1.90
9	8.35	9.79	6.71	8.36	1.36	1.99
10	9.05	10.57	7.19	8.92	1.41	2.07
11	9.73	11.33	7.66	9.46	1.46	2.14
12	10.41	12.07	8.10	9.98	1.50	2.21
13	11.07	12.79	8.54	10.48	1.54	2.26
14	11.71	13.49	8.96	10.97	1.57	2.32
15	12.34	14.18	9.38	11.44	1.61	2.37
16	12.96	14.86	9.77	11.90	1.64	2.41
17	13.57	15.53	10.17	12.34	1.66	2.46
18	14.17	16.18	10.56	12.78	1.69	2.50
19	14.76	16.82	10.93	13.20	1.71	2.53
20	15.33	17.44	11.30	13.61	1.73	2.57
21	15.90	18.05	11.66	14.01	1.76	2.60
22	16.46	18.65	12.01	14.41	1.78	2.64
23	17.01	19.24	12.36	14.79	1.80	2.67
24	17.54	19.82	12.69	15.17	1.82	2.70
25	18.08	20.38	13.02	15.53	1.83	2.72
26	18.60	20.94	13.34	15.89	1.85	2.75
27	19.12	21.49	13.66	16.25	1.86	2.77
28	19.63	22.03	13.98	16.59	1.87	2.79
29	20.13	22.57	14.28	16.93	1.88	2.81
30	20.63	23.09	14.57	17.26	1.90	2.83

T = 16						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.68	2.15	1.64	2.20	0.51	0.75
2	2.70	3.38	2.49	3.29	0.71	1.03
3	3.61	4.45	3.22	4.20	0.85	1.24
4	4.46	5.44	3.87	5.00	0.96	1.41
5	5.26	6.36	4.48	5.74	1.05	1.54
6	6.04	7.24	5.06	6.43	1.13	1.67
7	6.78	8.09	5.59	7.08	1.20	1.77
8	7.52	8.90	6.11	7.70	1.26	1.87
9	8.22	9.69	6.60	8.29	1.32	1.95
10	8.91	10.47	7.09	8.85	1.37	2.03
11	9.59	11.21	7.53	9.38	1.41	2.10
12	10.25	11.95	7.99	9.90	1.46	2.16
13	10.90	12.66	8.42	10.40	1.49	2.22
14	11.53	13.36	8.84	10.89	1.53	2.27
15	12.15	14.05	9.26	11.36	1.56	2.32
16	12.76	14.72	9.66	11.81	1.59	2.37
17	13.36	15.37	10.05	12.26	1.62	2.41
18	13.96	16.02	10.43	12.69	1.64	2.45
19	14.54	16.65	10.80	13.11	1.67	2.48
20	15.12	17.27	11.16	13.52	1.69	2.52
21	15.67	17.88	11.53	13.92	1.71	2.55
22	16.23	18.48	11.88	14.30	1.73	2.58
23	16.78	19.07	12.22	14.68	1.74	2.60
24	17.32	19.65	12.55	15.05	1.76	2.63
25	17.85	20.22	12.88	15.41	1.77	2.65
26	18.36	20.78	13.19	15.77	1.79	2.67
27	18.88	21.33	13.51	16.11	1.80	2.69
28	19.39	21.86	13.82	16.45	1.81	2.71
29	19.89	22.39	14.12	16.79	1.82	2.73
30	20.38	22.91	14.42	17.12	1.84	2.75



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Tabla 20. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=15.

Tabla 21. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=16

T = 17						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.65	2.12	1.60	2.16	0.50	0.73
2	2.65	3.33	2.44	3.24	0.69	1.01
3	3.54	4.38	3.15	4.14	0.82	1.22
4	4.38	5.35	3.78	4.93	0.93	1.38
5	5.18	6.27	4.38	5.65	1.02	1.51
6	5.95	7.14	4.94	6.33	1.10	1.63
7	6.68	7.98	5.45	6.96	1.16	1.73
8	7.40	8.79	5.97	7.57	1.22	1.82
9	8.11	9.58	6.45	8.14	1.28	1.90
10	8.79	10.35	6.92	8.69	1.33	1.98
11	9.46	11.09	7.37	9.22	1.37	2.05
12	10.12	11.82	7.80	9.73	1.41	2.11
13	10.77	12.53	8.22	10.22	1.45	2.17
14	11.40	13.23	8.63	10.70	1.48	2.22
15	12.02	13.91	9.04	11.16	1.51	2.27
16	12.63	14.59	9.43	11.61	1.54	2.31
17	13.23	15.24	9.81	12.05	1.57	2.36
18	13.81	15.89	10.19	12.47	1.59	2.40
19	14.40	16.52	10.56	12.89	1.62	2.43
20	14.97	17.14	10.92	13.29	1.64	2.47
21	15.53	17.75	11.27	13.69	1.66	2.50
22	16.08	18.35	11.61	14.07	1.67	2.53
23	16.63	18.94	11.94	14.45	1.69	2.55
24	17.17	19.52	12.27	14.81	1.71	2.58
25	17.70	20.09	12.59	15.17	1.72	2.60
26	18.23	20.65	12.91	15.52	1.73	2.62
27	18.74	21.20	13.22	15.87	1.74	2.64
28	19.24	21.74	13.52	16.20	1.75	2.66
29	19.74	22.27	13.80	16.53	1.76	2.68
30	20.23	22.79	14.10	16.85	1.78	2.70

T = 18						
Días	Con Niño y alfa -100		Con Niño y alfa -50		Sin Niño y alfa 2.53	
	VaR	CVaR	VaR	CVaR	VaR	CVaR
1	1.62	2.09	1.57	2.13	0.49	0.72
2	2.61	3.30	2.39	3.19	0.67	1.00
3	3.50	4.35	3.08	4.07	0.80	1.19
4	4.33	5.32	3.72	4.85	0.91	1.35
5	5.12	6.23	4.29	5.57	0.99	1.49
6	5.87	7.11	4.85	6.23	1.07	1.60
7	6.62	7.94	5.37	6.86	1.13	1.70
8	7.32	8.75	5.86	7.46	1.19	1.79
9	8.01	9.53	6.34	8.04	1.24	1.87
10	8.69	10.29	6.81	8.58	1.29	1.95
11	9.36	11.03	7.25	9.11	1.33	2.01
12	10.01	11.75	7.68	9.62	1.37	2.08
13	10.64	12.45	8.10	10.11	1.41	2.13
14	11.26	13.14	8.51	10.59	1.44	2.19
15	11.87	13.81	8.91	11.05	1.47	2.23
16	12.47	14.47	9.30	11.49	1.50	2.28
17	13.07	15.12	9.69	11.93	1.52	2.32
18	13.65	15.75	10.06	12.35	1.55	2.36
19	14.23	16.38	10.42	12.77	1.57	2.40
20	14.80	16.99	10.78	13.17	1.59	2.43
21	15.35	17.59	11.13	13.56	1.61	2.46
22	15.89	18.18	11.48	13.94	1.63	2.49
23	16.43	18.76	11.81	14.32	1.64	2.52
24	16.97	19.33	12.14	14.68	1.66	2.54
25	17.49	19.90	12.46	15.04	1.67	2.57
26	18.00	20.45	12.77	15.39	1.69	2.59
27	18.52	21.00	13.08	15.73	1.70	2.61
28	19.02	21.53	13.38	16.07	1.71	2.63
29	19.52	22.06	13.67	16.39	1.72	2.65
30	20.00	22.58	13.96	16.71	1.73	2.67

Tabla 22. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=17.

Tabla 23. VaR y CVaR para diferentes escenarios y T=18