	ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO	
	Fecha: Noviembre 2015	Página 1 de 2

## MEDICIÓN DE PÉRDIDAS ESPERADAS Y NO ESPERADAS PARA EL RIESGO DE PRECIO DEL PETRÓLEO EN COLOMBIA

CLAUDIA MARÍA AYALA RINCÓN


YESICA CATERINE FIGUEROA CARDENAS

**Title.** Measurement and not expected expected loss for the risk of oil price in Colombia.

**Resumen.** La economía colombiana se ha visto afectada por la caída del precio del petróleo, siendo éste sector de gran importancia en el desarrollo del país. No se conocen estudios realizados que permitan determinar los impactos que esto genera en las empresas que operan en Colombia. Ante esta necesidad se considera la medición de las pérdidas esperadas y no esperadas del sector petrolero en Colombia.

El análisis del sector petrolero da una idea de su importancia en la economía del país y de su solidez, con el VaR se obtiene la estimación de la pérdida máxima con un nivel de confianza del 95%, usando el método de valoración Montecarlo; el CVaR permite obtener las pérdidas no esperadas y finalmente se hace la evaluación del modelo por medio del Backtesting.

Este artículo da a conocer el trabajo de grado desarrollado por estudiantes de Ingeniería Financiera y los resultados obtenidos de su desarrollo, los cuales contribuyen a las mediciones del riesgo en el sector y las empresas que lo componen.

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	<b>Fecha:</b> Noviembre 2015	<b>Página</b> 2 de 2


**Abstract.** The Colombian economy has been affected by the fall in oil prices, this being very important sector in the country's development. Not conducted studies to determine the impact that this generates in companies operating in Colombia are known. Given this need is considered the measurement of expected and unexpected losses in the oil sector in Colombia.

Analysis of the oil industry gives an idea of its importance in the country's economy and its strength, with the VaR estimate the maximum loss is obtained with a confidence level of 95%, using the Monte Carlo valuation method; CVaR allows for unexpected losses and finally the evaluation model through Backtesting is done.

This article discloses the degree work developed by students of Financial Engineering and the results of its development, which contribute to the risk measures in the sector and the companies that comprise it.

**Palabras claves.** Riesgo, riesgo de mercado, pérdidas esperadas, pérdidas no esperadas, volatilidad, modelo ARCH, modelo GARCH, valor en riesgo VaR, CVaR, Prueba Backtesting.


**Key Words.** Risk , market risk, expected losses, unexpected losses , volatility, ARCH model , GARCH model , value at risk VaR , CVaR , testing Backtesting .

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	<b>Fecha: Noviembre 2015</b>	<b>Página 3 de 2</b>

**Introducción.** El petróleo es la fuente principal de energía para muchas actividades humanas de la sociedad actual, tales como la industria, la minería y el transporte, por esto el comportamiento de su precio puede afectar en gran medida los ingresos de un país. En Colombia el petróleo representa el 54 por ciento de las exportaciones del país, el 40 por ciento de la inversión extranjera y la quinta parte de los ingresos fiscales de la Nación son generados por este sector.

El panorama internacional desfavorece actualmente a uno de los motores de empleo y crecimiento del país y habría que ajustar el aparato nacional para que dicho sector permanezca rentable a través del tiempo y sus utilidades fortalezcan los pilares necesarios para sustentar un salto hacia el futuro (Mora,(2015), *Breve intrudccion a nuestra crisis petrolera*. Recuperada de: <http://www.las2orillas.co/breve-introduccion-nuestra-crisis-petrolera/>), pues la economía del país sufre riesgos con la caída del precio del petróleo; es por esto, que este hecho ha generado tanto impacto y a falta de estudios que determinen los riesgos para las empresas petroleras que operan en Colombia tales como Canacol Energy, Ecopetrol y Pacific Rubiales. Por lo anterior consideramos la importancia de centrar la presente investigación en la medición de las pérdidas esperadas y no esperadas para el riesgo del precio del petróleo en Colombia.

El análisis del riesgo de mercado ha tomado una gran importancia después de los acuerdos de Basilea, en el cual se habla sobre de los modelos de medición como el VaR y CVaR, los cuales se aplicarán en la presente investigación. Además que compone una de las líneas de formación y campo de acción del Ingeniero Financiero.

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	Fecha: Noviembre 2015	Página 4 de 2

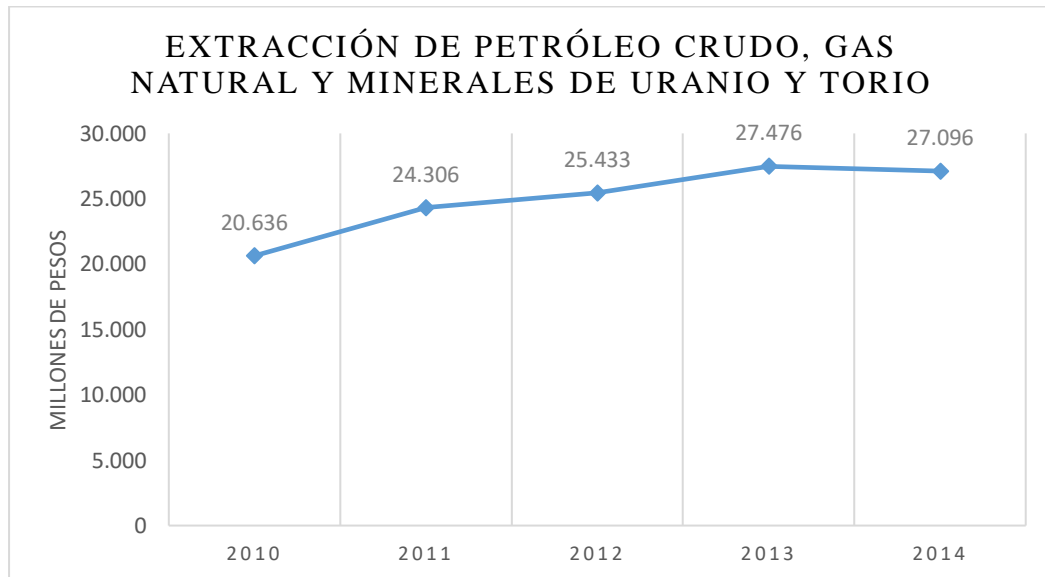
A continuación se presenta la propuesta de trabajo de grado de estudiantes de Ingeniería Financiera enfocada a la línea de riesgos, la cual busca aportar elementos de análisis a la crisis actual del petróleo.

La investigación llevará a cabo el desarrollo de cinco (5) etapas, iniciando con el análisis del sector petrolero, el cálculo de la volatilidad, permitiendo medir las pérdidas esperadas y no esperadas con el modelo VaR y CVaR, para finalmente aplicar pruebas back-testing y dar cumplimiento al objetivo central de este proyecto.

**EXPERIMENTACIÓN.** Para cumplir con el primer objetivo primero se recolecto la información sobre el comportamiento histórico del sector y las empresas que lo componen. Se organizó de la información obtenida, y posteriormente se realizó el análisis sobre el sector con la información obtenida.

Se consultó en la página del DANE sobre el sector de Explotación de Minas y canteras, la actividad de extracción de petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio, compone en mayor porcentaje el PIB. Esto debido a que es una actividad que ha generado crecimiento, empleo, rentabilidad y hoy día la industria minera genera importantes ingresos para la Nación y promueve desarrollo industrial y social.


Grafica1. Comportamiento del subsector de extracción de petróleo crudo, gas natural y minerales de Uranio y Torio.



Fuente. Elaboración propia con datos del DANE.

El comportamiento de la actividad de extracción de petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio, es creciente desde el primer año de estudio para el presente trabajo, año 2010 hasta el 2013, para el 2014 se presenta un menor valor en comparación al 2013, frenándose el crecimiento que se venía presentando, lo cual es debido a la crisis petrolera que enfrenta nuestro país desde dicho año hasta la actualidad, la cual radica en los bajos precios, lo que ha conllevado a que las empresas recorten su presupuesto en busca de contrarrestar su efecto.

También se tuvo en cuenta datos obtenidos benchmark para análisis del sector.

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	<b>Fecha: Noviembre 2015</b>	<b>Página 6 de 2</b>

ROA: La rentabilidad del activo disminuyó en un 45.03%, al pasar de 0.13 billones de pesos en el 2013 a 0.07 billones de pesos en el 2014. Cada peso invertido en el activo total para el año 2014 genera \$71,210.72 pesos de utilidad neta.

ROE: La rentabilidad del patrimonio disminuyó en un 42.71%, al pasar de 20.11% en el 2013 a 11.52% en el 2014. Los socios o dueños de la empresa obtienen un rendimiento sobre su inversión en 11,52 por ciento (%) E.A.

La disminución de las rentabilidades se debe principalmente a la reducción del margen neto y mayor apalancamiento con terceros

El margen bruto disminuyó, al pasar de 36.29% en el 2013 a 29.50% en el 2014. Por cada peso vendido en el 2014 se genera el 29.50% de utilidad en el sector.

MARGEN NETO: Cada peso vendido en el año 2014 genera un porcentaje de 20.91 de utilidad neta, disminuyendo un 38.12% en relación al 2013, debido a una disminución en la utilidad bruta y gastos de administración.

MARGEN EBITDA: El sector cuenta con 20.53 billones de pesos disponibles en caja, valor que disminuyó 36.96% en el 2014 respecto al 2013.

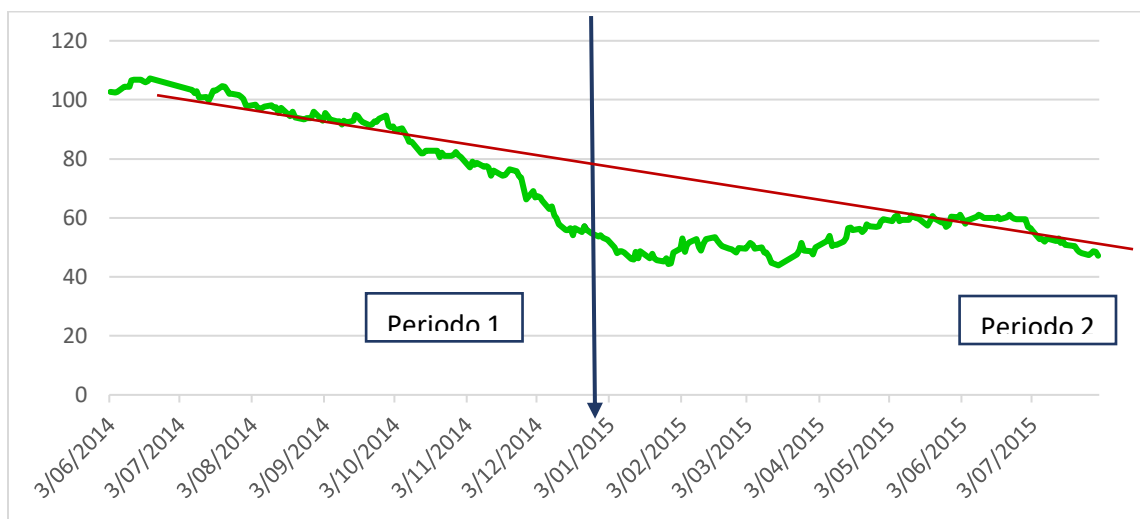
En cuanto a los indicadores de endeudamiento, el nivel de endeudamiento, apalancamiento y endeudamiento financiero presentan un aumento, donde se refleja la crisis que empieza a afrontar el sector en el 2014, y el aumento de los pasivos en dicho año.

Por cada peso que el sector tiene en el activo en el 2014, ha sido financiado por préstamos en un 40-63%; las obligaciones con entidades financieras representan en el


2014 un porcentaje de 1.38%; Cada peso de los dueños está comprometido en un porcentaje de 68.45% en el 2014, porcentaje que refleja el elevado riesgo de inversión en este sector.

Del total de los activos de la empresa, se genera una rentabilidad de 11.98% y 6.85% para los años 2013 y 2014, respectivamente. En general, la rentabilidad es baja respecto al riesgo de inversión. En el 2014, hay menor rentabilidad de los activos en comparación al periodo anterior, con una disminución de 42.80%.

Se analizan dos periodos de siete meses de los datos de los precios del petróleo WTI, el primer periodo corresponde a: de junio de 2014 a Diciembre de 2014, y el segundo de Enero de 2015 a Julio de 2015.



Para obtener las volatilidades que permitan hallar las pérdidas esperadas en el precio del petróleo con método, se procede a realizar la modelación en E-VIEWS de cada serie de la siguiente manera.

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	Fecha: Noviembre 2015	Página 8 de 2

- a. Se modelan los dos periodos establecidos, se obtienen y analizan los correlogramas para determinar la ecuación por medio del modelo ARMA.
- b. Se comienza a perfeccionar el modelo eliminando los componentes no significativos, generándose una nueva ecuación
- c. Se genera el modelo ARCH-GARCH
- d. Se procede a obtener las volatilidades que permitirán hallar el VaR

Volatilidad	Constante	Alfa	Beta	Desv. t	Desv. T+1
Periodo 1	2.890000000000E-04	1.8690E-03	0.0000E+00	1.702%	1.701%
Periodo 2	0.00007	0.14096	0.75370	2.631%	2.675%

Se realizó con la herramienta Excel, y con el fin de homogenizar el valor de riesgo, para definir el valor de las pérdidas esperadas.

Se determina lo siguiente para el desarrollo de éste:

Nivel de Confianza. Los intervalos de confianza usualmente utilizados están entre el 90 y 99%, pero debido a que las observaciones no siempre se distribuyen normalmente, se determina un nivel de 95% a utilizar, además se hará uso de un nivel de confianza del 99% como escenario comparativo y teniendo en cuenta que es ésta la recomendada por el Comité de Basilea.

Horizonte temporal. Es el tiempo durante el cual se quiere evaluar cuál será la máxima pérdida esperada, son dos periodos de análisis, el primero corresponde de Junio de 2014 a Diciembre de 2014 y el segundo de Enero de 2015 a Julio de 2015.



Método para medir el VaR. Se emplea la valoración completa, por método Montecarlo o también llamado mixto, siendo el más adecuado para el uso de las volatilidades obtenidas en E Views; este modelo permite obtener el VaR a través de la generación de números aleatorios.

Inicialmente, para el método Montecarlo, en base a los precios de petróleo WTI históricos, se ha realizado 3000 simulaciones de la posible evolución diaria de dichos precios, para lo que se ha utilizado el valor medio y la desviación típica de cada periodo.

Se realizó la simulación con el uso de las volatilidades obtenidas en e-views.

El número de barriles que se ha tomado para hallar el VaR, y corresponde al valor de barriles de petróleo promedio que la Agencia Internacional de Petróleo proyecta para Colombia en el 2015, lo cual equivale a 1.020.000 bpd.

Pérdidas no esperadas con método CVaR para los dos periodos de análisis. El CVaR cuantifica las pérdidas que se pueden encontrar en las colas de las distribuciones. Se presentan dos escenarios de nivel de confianza como medida para establecer el comportamiento de las pérdidas no esperadas en éstos, siendo el 95% el nivel real para el presente trabajo.

Gráfica 1. CVaR Periodo 1

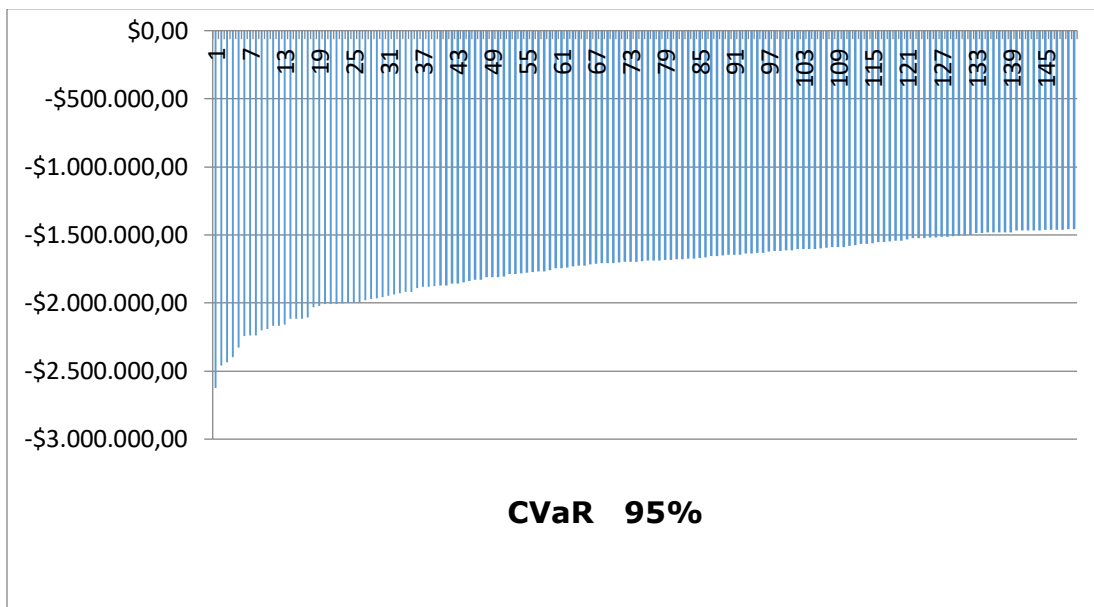
CVaR P1	95%	99%
V.A.	\$54,335,400.00	\$54,335,400.00
VaR USD	\$ (1,458,550.33)	\$ (1,947,085.51)
VaR (%)	-2.6843%	-3.5835%

CVAR USD	-\$1,751,646.54	-\$2,141,247.24
CVAR %	-3.2238%	-3.9408%
Pérdidas NO esperadas	-\$293,096.21	-\$194,161.73

Fuente: Elaboración propia

Para el primer periodo se registra una pérdida no esperada de -\$293,096.21, que comparada con los escenarios de pérdidas y ganancias, se considera un valor bajo.

Gráfica 2. Escenarios de pérdidas y ganancias para determinación del CVaR en el periodo 1



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3. CVaR periodo 2

CVaR P2	95%	99%
V.A.	\$48,062,400.00	\$48,062,400.00

VaR USD	\$ (2,156,753.01)	\$ (3,033,502.13)
VaR (%)	-4.4874%	-6.3116%
CVAR USD	-\$2,682,757.80	-\$3,381,954.26
CVAR %	-5.5818%	-7.0366%
Pérdidas NO esperadas	-\$526,004.79	-\$348,452.13


Finalmente se hace la evaluación de modelos por el método backtesting, a través de la prueba de Kupiec y el valor crítico.

### **Conclusiones Finales**

El presente proyecto muestra que el sector de Minas y Energías es de gran importancia en la Economía colombiana, ya que es una de las principales que componen el Producto Interno Bruto, importaciones, exportaciones, Inversión extranjera Directa y demás aspectos macroeconómicos. Los indicadores financieros del subsector empiezan reflejar para los últimos periodos la crisis económica que éste afronta.

Se evidencia una diferencia que no supera el 0.36% entre las volatilidades del primer periodo, mientras para el segundo periodo las volatilidades presentan una diferencia es de 0.40%; siendo en general la diferencia relativamente baja, que ratifica la tendencia bajista.

La pérdida máxima que podría registrar el sector petrolero en Colombia, bajo condiciones normales de mercado es de -3.58% y -4.49% para el periodo 1 y 2,

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	<b>Fecha:</b> Noviembre 2015	<b>Página</b> 12 de 2

respectivamente. Se puede decir que la mayor pérdida que se registra en el segundo periodo, concuerda con una mayor volatilidad (de tendencia bajista) de los precios WTI. Con relación a los escenarios de pérdidas y ganancias, el VaR obtenido para cada periodo es un valor similar a los mayores valores de pérdidas y ganancias.

Para el primer periodo se registra una pérdida no esperada de  $-\$378,275.03$ , que comparada con los escenarios de pérdidas y ganancias, se considera un valor bajo.


Para el segundo periodo se registra una pérdida no esperada de  $-\$526,004.79$ , que comparada con los escenarios de pérdidas y ganancias, se considera un valor medio y mayor con respecto al periodo 1.

Con respecto al nivel de significancia, se puede evidenciar que en un 95% se obtiene un CVaR menor y una pérdida no esperada mayor a la obtenida en un 99%. Para el 99% las pérdidas no esperadas son menores, lo que indica que el CVaR recoge mayores pérdidas o datos.

El bascktesting aplicadas al modelo, permitieron determinar las veces que las pérdidas o ganancias fueron mayor al VaR, con el fin de medir la eficiencia del modelo.

**Referencias** CALDERON GAMA, Hector Raul – Zermeño, Salvador – Mojica Sergio V. Lecturas Básicas de Metodología de la Investigación

HARO - Alfonso de Lara - Medición y control de riesgos financieros - Editorial Limusa - 2005.

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	Fecha: Noviembre 2015	Página 13 de 2

HERNANDEZ SAMPIERI - Roberto y otros - Metodología de la Investigación - Editorial Mc Graw Hill

BERNAL - Cesar Augusto - . Metodología de la Investigación - Editorial Prentice Hall

HERNANDEZ SAMPIERI – Roberto - Fundamentos de Metodología de la Investigación.

MEDICIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE CRÉDITO - Edward I Altman, Maria De Lourdes De La Fuente, Alan Elizondo - Editorial Limusa - 2004.

ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INTERNACIONALIZACIÓN - Javier Sanz Arlegui. Alfaomega - 2010.

Valores del pib.

Servicio Nacional de Minería y Geología de Chile (2011). Anuario de la Minería de Chile. Santiago, Chile. Recuperado de:  
[http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/estadisticas/anuario/anuario\\_2011.pdf](http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/estadisticas/anuario/anuario_2011.pdf). [pdf].


Hocol Colombia. Recuperado de:

<http://www.hocol.com/scripts/index.php>.

Contraloría general del estado colombianos.(2104) Comportamiento sector minas y canteras. Recuperado de:

<http://www.contraloriagen.gov.co/web/guest/minas-y-energia/>-

[/asset\\_publisher/wQ0O/content/analisis-pnd-2010-2014-sector-minero-](http://www.contraloriagen.gov.co/web/guest/minas-y-energia/-/asset_publisher/wQ0O/content/analisis-pnd-2010-2014-sector-minero-)

	<b>ARTICULO DE TRABAJO DE GRADO</b>	
	<b>Fecha: Noviembre 2015</b>	<b>Página 14 de 2</b>

energetico;jsessionid=c49d035748aa9f0e3a0ad0876aad?redirect=%2Fweb%2Fguest%2Fminas-y-energia.

Portafolio. (2015). Baja exploración de petróleo preocupa a la industria. Recuperado de:

<http://www.portafolio.co/economia/lo-que-preocupa-al-sector-petrolero-colombia-febrero-2015>.

Giusti. (2013) ¿Qué paso con el dilema WTI/Brent?. Recuperado de:

<http://www.elespectador.com/noticias/economia/paso-el-dilema-wti-brent-articulo-436568>.